
Sammelverkehr mit autonomen Fahrzeugen im ländlichen Raum

Dipl.-Ing. Moritz von Mörner

geboren in Darmstadt



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Institut
Verkehrsplanung und
Verkehrstechnik

Institute for Transport
Planning and Traffic
Engineering

Prof. Dr.-Ing.
Manfred Boltze

Zur Erlangung des akademischen Grades Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)
vom Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwissenschaften
der Technischen Universität Darmstadt genehmigte Dissertation.

Referent: Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze
Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Markus Friedrich (Universität Stuttgart)

Tag der Einreichung: 23. März 2018
Tag der mündlichen Prüfung: 06. Juni 2018

Verfasser:

Moritz von Mörner

mvm@vonmoerner.de

Herausgeber:

Technische Universität Darmstadt

Institut Verkehrsplanung und Verkehrstechnik

Otto-Berndt-Str. 2

64287 Darmstadt

www.tu-darmstadt.de/verkehr

ivv@verkehr.tu-darmstadt.de

Schriftenreihe der Institute für Verkehr

Institut Verkehrsplanung und Verkehrstechnik

Heft V 40

ISSN 1613-8317

Darmstadt 2018

Veröffentlicht unter CC BY-SA 4.0 International

<https://creativecommons.org/licenses>

Ohne die Unterstützung zahlreicher Kolleginnen und Kollegen, Freunde und Familienangehöriger wäre die Erstellung dieser Arbeit nicht möglich gewesen. Ihnen allen gilt mein aufrichtiger Dank.

Herzlicher Dank gilt meinem langjährigen Mentor und Referenten, Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze. Er hat mir während der Erstellung meiner Dissertation immer mit Rat zur Seite gestanden und mir zielsicher den Weg zu einer erfolgreichen Dissertation gewiesen. Besonders bedanken möchte ich mich für die vielen Möglichkeiten, internationale Kontakte zu knüpfen, die diese Arbeit auf vielfältige Weise bereichert haben. Herrn Prof. Dr. Markus Friedrich möchte ich für die Übernahme des Korreferats ganz herzlich danken.

Ein weiterer Dank gilt Roman Coura und Regina Linke, die mich in ihrer Tätigkeit als studentische Hilfskraft tatkräftig unterstützt haben.

Ein herzlicher Dank gilt meinen langjährigen Kolleginnen und Kollegen Dr.-Eng. Wael Alhajyaseen, Andreas Balster, Kinjal Bhattacharyya, Dr.-Ing. Owen Dieleman, Fangming Dong, Dr.-Ing. Leif Fornauf, Prof. Dr. Hanno Friedrich, Kim Gillich, Dr.-Eng. Azusa Goto, Dr.-Ing. Stefan Groer, Wei Jiang, Dr.-Ing. Philip Krüger, Heng Liu, Marc Lüke, Karin Menges, Tobias Monzert, Huynh Duc Nguyen, Dr.-Ing. Van Nam Nguyen, Dr.-Ing. Ole Ottemöller, Dr.-Ing. Jessica Rausch, Dr.-Ing. Frederik Rühl, Kevin Rolko, Danny Wauri und Nicole von Stetten, die mir in vielen – mehr oder weniger konstruktiven Diskussionen – weitergeholfen haben und die mich immer wieder gerne an unsere gemeinsame Zeit an der TU Darmstadt zurückdenken lassen.

Nicht zuletzt gilt der Dank vor Allem meiner Familie, die mich immer unterstützt hat und ganz im Speziellen Anja Willanzheimer, die mir gerade in der Schlussphase immer den Rücken freigehalten und mit mir die schwierigsten Momente der Dissertation durchgestanden hat.

Kurzfassung

Die vorliegende Dissertation beschäftigt sich mit einer Potenzialabschätzung für den Einsatz von Sammelverkehren mit autonomen Fahrzeugen im ländlichen Raum. Die Ergebnisse bieten einen guten Einblick in die Machbarkeit sowie das Bündelungspotenzial für die Planung und die Umsetzung von flexiblen, kleinteiligen Sammelverkehren.

Aktuelle demografische und gesellschaftliche Entwicklungen stellen den liniengebundenen ÖPNV vor allem im ländlichen Raum vor große Herausforderungen. Die Auswirkungen des demografischen Wandels zeigen sich inzwischen jedoch nicht mehr nur in ländlichen Räumen, sondern zunehmend auch in Randbereichen von Ballungsräumen. Besonders sinkende Schülerzahlen haben dort Auswirkungen auf den ÖPNV, da Schüler derzeit die Hauptnutzergruppe darstellen. Hinzu kommt ein Rückgang der Fahrgäste durch sinkende Bevölkerungszahlen. Für die Verkehrsbetriebe wird damit die wirtschaftliche Basis für das Vorhalten öffentlicher Verkehre immer weiter geschwächt.

Damit es auch in Zukunft möglich ist, im ländlichen Raum ohne eigenen Pkw mobil zu sein, können neue Lösungswege beschritten werden, die sich durch die Weiterentwicklung der Kommunikationstechnik und die Automatisierung eröffnen.

In dieser Arbeit wird das Beförderungspotenzial von Sammelverkehren im ländlichen Raum als Ersatz des klassischen ÖPNVs untersucht. Dabei liegt das Hauptaugenmerk auf dem Einsatz autonomer Fahrzeuge.

Der Fokus der Arbeit liegt auf der Frage der Umsetzbarkeit und des Potenzials, Fahrten im ländlichen Raum zu bündeln. Dabei möchte die Arbeit nicht nur herausstellen, ob Bündelungspotenzial vorhanden ist, sondern vor allem auch, wie sich verschiedene Parameter der Bedienung auf das Bündelungspotenzial auswirken.

Die Untersuchung wird mit Hilfe eines für diesen Zweck neu erstellten, agentenbasierten Modells durchgeführt. Die Daten für das Modell basieren auf einer Befragung der Bewohner eines realen ländlichen Raums zu ihrem Mobilitätsverhalten. Unter Berücksichtigung des demografischen Wandels und verschiedener Trends, die zukünftig das Leben und das Mobilitätsverhalten im ländlichen Raum beeinflussen, wird zusätzlich zum Status Quo als Prognosehorizont das Jahr 2030 gewählt.

Die Grundlage der Prognose bildet eine Betrachtung des ländlichen Raums. Fünf gesellschaftliche Megatrends, die für die Verkehrsentwicklung und -planung von Bedeutung sind, werden herausgearbeitet. Die Auswirkungen dieser Trends auf den Mobilitätsbedarf und das Mobilitätsangebot werden daraus abgeleitet und differenziert betrachtet. So können auf Basis aktueller, bereits sichtbarer Megatrends, Rückschlüsse auf Veränderungen im zukünftigen Mobilitätsbedarf und -angebot gezogen werden. Aus den fünf Megatrends werden deshalb jeweils sechs Trends erarbeitet, um aufzuzeigen, wie sich sowohl Bedarf als auch Angebot entwickeln. Die Erkenntnisse dieser Trendanalysen fließen in die Entwicklung des Modells ein.

Die Szenarien, unterteilt in Grundszenarien (Fokus auf Zeithorizont, Nachfrageniveau und Flottengröße) und Ergänzungsszenarien (Betrachtung einzelner Parameter und deren Auswirkungen auf die Ergebnisse), werden im erstellten Modell simuliert und anschließend ausgewertet. Die Ergebnisse der Simulationsläufe sind übersichtlich zusammengefasst und mit weiteren Analysen zu den Fahrzeugflottenkosten ergänzt.

Als grundlegendes und wichtigstes Ergebnis kann festgehalten werden, dass Sammelverkehr mit autonomen Fahrzeugen im ländlichen Raum als Ersatz des klassischen ÖPNV wirtschaftlich sinnvoll umsetzbar sein kann.

In einem Landkreis mit knapp 70.000 Einwohnern und etwa 43.000 zugelassenen Fahrzeugen in 2012 würden heute schon 2.100 autonome Fahrzeuge ausreichen, um einen zuverlässigen Sammelverkehr umzusetzen, der alle Wege außerhalb der eigenen Kommune abdeckt. Jedes Fahrzeug könnte eine durchschnittliche Jahresfahrleistung von 108.000 km bis 150.000 km pro Jahr

erreichen, wobei es etwa 40 Passagiere pro Tag transportieren würde. Durch die Bündelung von Fahrten könnten bei den Fahrgästen, in einem kilometerbasierten Tarif, je nach Nachfrageniveau zwischen 130 % und knapp 200 % der real gefahrenen Kilometerleistung abgerechnet werden.

Zusätzlich erscheint es sinnvoll, verschiedene Fahrzeuggrößen in einer Fahrzeugflotte zu vereinen. Allerdings sollten größere Fahrzeuge (hier 8-Sitzer) nur auf stark frequentierten Verbindungen eingesetzt werden und maximal 20 % der Fahrzeuge ausmachen. Der Mittlere Besetzungsgrad beim Einsatz von 4-sitzigen Fahrzeugen liegt bei 2 Personen pro Fahrzeug. In den Spitzenzeiten kann der Besetzungsgrad beim Einsatz von 8-sitzigen Fahrzeugen im Durchschnitt bis über 3,5 Personen pro Fahrzeug ansteigen.

Als zusammenfassendes Ergebnis ist festzuhalten: ÖPNV im ländlichen Raum kann mittel- bis langfristig ersetzt werden durch autonome alternative Angebote zu einem wirtschaftlich vertretbaren Aufwand.

Abstract

This dissertation explores the potential to establish ride pooling with autonomous vehicles in rural areas. The results deliver insights into feasibility and pooling potential for planning and implementation of flexible ride pooling with small vehicles.

Current demographic and societal changes pose major challenges to classical public transport in rural areas. The effects of demographic change do not only show in rural areas but meanwhile as well in the outskirts of urban agglomerations. A declining number of students leave their impacts on public transport, as well. They are the major revenue source in rural areas. Declining ridership through a declining population will impact public transport as well. Transport operators are facing an ever-weakening economic foundation.

New developments in communication technologies and automatization lead towards new approaches for enabling mobility without a privately-owned vehicle.

In this dissertation, the potential of replacing classical public transport in rural areas with ride pooling is explored, focusing on the utilisation of autonomous vehicles. The focus is on the feasibility of implementation and the theoretical potential of pooling rides in rural areas. Next to pooling potential, effects of different parameters are highlighted.

For this, an agent based model specially built for this purpose is used. The basis for the demand in an existing rural area is a detailed household survey. Taking into consideration demographic change, trends influencing life and mobility in rural areas until 2030 are established.

Five societal megatrends influencing transport planning and operation form the basis. These megatrends lead to six trends affecting mobility demand and supply. These findings lead to decisions for the implementation of the developed model.

Different scenarios, divided into base scenarios (focus on time horizon, level of demand and fleet size) and additional scenarios (considering changes in single parameters and their impacts) are simulated and analysed. The results are summarised in 25 findings.

The main finding is that ride pooling with autonomous vehicles in rural areas replacing classic public transport can be economically feasible.

In a rural area with 70,000 inhabitants and 43,000 registered vehicles in 2012, today 2,100 autonomous vehicles could cover all trip requests, between municipalities. The vehicles would drive between 108,000 and 150,000 kilometres per year and transport on average 40 passengers a day. Depending on demand levels, pooling rides can lead towards the possibility to bill customers 130 % up to almost 200 % of vehicle kilometres travelled.

It is reasonable to mix different vehicles sizes in the fleet. However larger vehicles (8-seater) should only make up 20 % of all vehicles and should be utilised on frequently requested connections. The rate of occupation in 4-seated vehicles averages in 2 people per vehicle. In peak hours introducing 8-seated vehicles, the rate of occupation can average in 3.5 people per vehicle.

To summarise the findings: today's public transport can be replaced through the implementation of alternative, flexible, economically sound mobility options with autonomous vehicles in the medium-to-long term.

Inhaltsverzeichnis

Bilder	iv
Tabellen	vi
Abkürzungen	vii
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangslage und Handlungsbedarf	1
1.2 Zielsetzung und Abgrenzung des Themengebiets	2
1.3 Forschungsfragen	2
1.4 Aufbau der Arbeit und Methodik	3
2 Grundlagen	6
2.1 Der ländliche Raum	6
2.1.1 Definition	6
2.1.2 Daseinsvorsorge	9
2.2 Aktueller Stand von Verkehrsnachfrage und Verkehrsangebot	10
2.2.1 Grundformen der Bedienung im ÖPNV	10
2.2.2 Beispiele der Umsetzung flexibler Bedienformen	13
2.2.3 Beispiele der Umsetzung alternativer Bedienformen	14
2.2.4 Bedarf und Nachfrage	15
2.3 Diskussion Modellansatz	16
2.3.1 Auswahl der Modellierungsumgebung	16
2.3.2 Fokus auf 2030	18
3 Zukünftige Entwicklungen	19
3.1 Vorbemerkungen	19
3.2 Megatrends	20
Megatrend M1: Demografischer Wandel	20
Megatrend M2: Moderates Wirtschaftswachstum	21
Megatrend M3: Digitalisierung, technische Entwicklung	22
Megatrend M4: Änderung der persönlichen Werte und Lebensstile	23
Megatrend M5: Intensivierter Umwelt- und Klimaschutz	23
3.3 Zukünftiger Mobilitätsbedarf	25
Trend N1: Geringere Bevölkerungsdichte im ländlichen Raum	25
Trend N2: Mehr Alte, weniger Junge	27
Trend N3: Zunehmende Mobilität	29
Trend N4: Mehr Multimodalität	31
Trend N5: Höhere Ansprüche	32
Trend N6: Mehr Sharing Economy	34

3.4	Zukünftiges Mobilitätsangebot	36
	Trend A1: Mehr restriktive Maßnahmen gegen den MIV	36
	Trend A2: Mehr integrierte Mobilitätsdienstleistungen	38
	Trend A3: Autonome Fahrzeuge	39
	Trend A4: Zunehmende Flexibilisierung	41
	Trend A5: Elektrische Fahrräder	42
	Trend A6: Mehrkosten für individuellen Fahrzeugbesitz	43
3.5	Zukünftige flexible Mobilitätsangebote	45
3.5.1	Zusammenfassung der Trendauswirkungen	45
3.5.2	Bedienformen	46
3.5.3	Betreibermodelle	47
3.5.4	Fahrzeugkonzepte	49
3.5.5	Schlussfolgerungen für die Modellierung	54
4	Modellstruktur und Modellausgestaltung	55
4.1	Auswahl eines ländlichen Raums als Untersuchungsraum	55
4.2	Datengrundlage Nachfrage	57
4.2.1	Analyse Haushaltsbefragung	57
4.2.2	Generierung der Nachfrage	58
4.3	Verteilung der Haltestellen	62
4.4	Modellierungsentscheidungen	64
4.4.1	Modellierungsentscheidungen Nachfrageszenarien.	64
4.4.2	Modellierungsentscheidungen Mobilitätsangebot	66
4.4.3	Überlegungen zum Schülerverkehr	66
5	Modellanwendung	68
5.1	Definitionen im Modell und bei der Auswertung	68
5.2	Modellaufbau	68
5.2.1	Haltestellen – „Stop“	70
5.2.2	Fahrgäste – „Passenger“ (FG)	71
5.2.3	Fahrzeuge – „Vehicle“ (Fz)	72
5.2.4	Disponent – „Dispatcher“	73
5.3	Dateneingabe in das Modell	79
5.3.1	Basisdaten	79
5.3.2	Start der Simulation	79
5.3.3	Ende der Simulation.	81
5.4	Validierung des Modells	81
5.4.1	Vorbemerkung zur Validierung	81
5.4.2	Validierung der Eingangsdaten	81
5.4.3	Validierung der modellierten Prozesse	82
5.4.4	Validierung der Simulationsläufe	84

6	Simulation der Szenarien	85
6.1	Beschreibung der Szenarien	85
6.1.1	Festlegung der zu simulierenden Szenarien	85
6.1.2	Flottengröße	87
6.1.3	Grundszenarien	88
6.1.4	Ergänzungsszenarien	90
6.2	Erläuterung der Auswertungen	92
7	Ergebnisse der Grundszenarien	96
7.1	Simulationsergebnisse G1 - G4	96
7.1.1	Darstellung der Simulationsergebnisse G1 - G4 2012	97
7.1.2	Darstellung der Simulationsergebnisse G1 - G4 2030	100
7.2	Analyse der Simulationsergebnisse Grundszenarien G1 - G4	103
7.2.1	Simulationsergebnisse G1 - G4: Bediente Fahrtanfragen	103
7.2.2	Simulationsergebnisse G1 - G4: Durchschnittlicher Umwegfaktor	103
7.2.3	Simulationsergebnisse G1 - G4: Mittlerer Besetzungsgrad	104
7.2.4	Simulationsergebnisse G1 - G4: Verkehrsleistung	104
7.2.5	Simulationsergebnisse G1 - G4: Fahrzeugeinsatz	106
7.2.6	Simulationsergebnisse G1 - G4: Fahrleistung der Fahrzeuge	107
7.2.7	Simulationsergebnisse G1 - G4: Betriebszeit der Fahrzeuge	108
7.2.8	Simulationsergebnisse G1 - G4: Beförderte Passagiere	109
7.2.9	Simulationsergebnisse G1 - G4: Distanz je Fahrtanfrage	110
7.3	Zwischenfazit zu den Grundszenarien	111
8	Ergebnisse der Ergänzungsszenarien	114
8.1	Analyse Simulationsergebnisse: Ergänzungsszenarien Z1 - Z9	114
8.1.1	Simulationsergebnis Z1: Kombination Fahrzeuggrößen	114
8.1.2	Simulationsergebnis Z2: Dispositionsregel „Hoher Komfort“	116
8.1.3	Simulationsergebnis Z3: Flexibilität der Abfahrtszeit	118
8.1.4	Simulationsergebnis Z4: Voranmeldung	120
8.1.5	Simulationsergebnis Z5: zulässiger Umwegfaktor	123
8.1.6	Simulationsergebnis Z6: Batterieelektrischer Betrieb	125
8.1.7	Simulationsergebnis Z7: Sonntag – niedriges Nachfrageniveau	128
8.1.8	Simulationsergebnis Z8: Kombination von Parametern	130
8.1.9	Simulationsergebnis Z9: Betrachtung des Schülerverkehrs	132
8.2	Zwischenfazit Ergänzungsszenarien	136
8.3	Weitergehende Analysen	139
9	Schlussbetrachtung	143
9.1	Fazit	143
9.2	Übertragbarkeit auf andere Räume	144
9.3	Weiterer Forschungsbedarf	145
	Quellen	146
	Anhang	154

Bilder

Bild 1: Städtischer und ländlicher Raum	7
Bild 2: Neun siedlungsstrukturelle Kreistypen des BBSR.	7
Bild 3: Charakteristische Grundformen der Bedienung im öffentlichen Verkehr	10
Bild 4: Differenzierung der Angebotsformen im ländlichen Raum	11
Bild 5: Flexible Angebotsformen	11
Bild 6: Alternative Angebotsformen	11
Bild 7: Morphologischer Kasten zur Einordnung des ÖPNV-Angebots	12
Bild 8: Verkehrsmittelwahl der Erwerbstätigen 2012	16
Bild 9: Trends in der Entwicklung von Verkehrsnachfrage und Verkehrsangebot	20
Bild 10: Altersaufbau der Bevölkerung in Deutschland mit Prognose 2060	21
Bild 11: Bevölkerungsentwicklung Stadt-Land bis 2030	26
Bild 12: Altersaufbau der Bevölkerung in Deutschland mit Prognose 2060	28
Bild 13: Segway + GM Puma 2009, GM EN-V 2.0 2010, Google Car 2015	50
Bild 14: Fahrerloser Renault Zoe für nuTonomy in Singapur 2016, fahrerloser Volvo für Uber in Philadelphia 2016	51
Bild 15: Pod parking system Heathrow, Olli, EZ 10	52
Bild 16: A Train Form Study von Hamit Kanuni Kuralkan	53
Bild 17: Next Konzept	53
Bild 18: Bevölkerungsdichte der Landkreise	56
Bild 19: Rückmeldungen der Haushaltbefragung je Jahrgang im Landkreis Kronach	60
Bild 20: Alterspyramide Landkreis Kronach 2030	60
Bild 21: Bebautes Gebiet (rot) im Landkreis Kronach (eigene Darstellung auf Basis von OSM).	61
Bild 22: Kronach (99) Knellendorf (17) bebautes Gebiet (schwarz) und Haltestellen (rot)	63
Bild 23: Ausschnitt Landkreis Kronach mit Haltestellen $r = 100\text{m}$ (rot)	63
Bild 24: Klassifizierung des zu modellierenden Mobilitätsangebots	67
Bild 25: Modularer Aufbau des Simulationsmodells	69
Bild 26: Agent "Vehicle".	72
Bild 27: Disponent (Teil 1/3)	74
Bild 28: Disponent (Teil 2/3) – Überprüfung der Einordnung des Ziels in die Fahrtenliste „checkODPosition“.	75
Bild 29: Identifikation der Positionierung der Quelle der neuen Fahrthanfrage in der Halteliste	77
Bild 30: Identifikation der Position des Ziels der neuen Fahrthanfrage in der Halteliste	77
Bild 31: Randbedingungen zur Kombination von Quelle und Ziel in einer bestehenden Halteliste	78
Bild 32: Disponent (Teil 3/3) – Neuberechnung der Fahrtenliste „recalculateDispatchedTimes“	78
Bild 33: Modellstart: einzelner Modelllauf (manuelle Eingabe der Parameter)	80
Bild 34: Modellstart: Parametervariation über Dateneingabe aus einem Excel-Dokument	80
Bild 35: Beispiel zu einer fahrgastbezogenen Übersicht zu einem Fahrzeug	82
Bild 36: Ausschnitt einer fahrgastbezogenen Übersicht zu einem Fahrzeug	83
Bild 37: Screenshots aus der Simulation: Zoom auf die Stadt Kronach in Szenario G3.1_2012.	83
Bild 38: Screenshots aus der Simulation: ganzer Landkreis mit Fahrspur eines Fahrzeugs	84
Bild 39: Morphologischer Kasten zur Beschreibung der Szenarien	86
Bild 40: Beispiel der grafischen Aufbereitung „mittlerer Umwegfaktor“	92
Bild 41: Beispiel der grafischen Aufbereitung „Anzahl Fahrthanfragen“	93
Bild 42: Beispiel der grafischen Aufbereitung „zurückgelegte Distanzen“	93
Bild 43: Beispiel der grafischen Aufbereitung „Fahrzeuge in Bewegung“	94
Bild 44: Beispiel der grafischen Aufbereitung „Besetzungsgrad“	94
Bild 45: Beispiel der grafischen Aufbereitung „Fahrzeugbesetzung“	95
Bild 46: Beispiel der grafischen Aufbereitung „Fahrleistung und Betriebsstunden“	95
Bild 47: Morphologischer Kasten Grundszenarien 2012	97
Bild 48: Morphologischer Kasten Grundszenarien 2030	100
Bild 49: mittlerer Besetzungsgrad im Vergleich	104
Bild 50: zurückgelegte Distanzen im Vergleich 4-sitzige und 8-sitzige Fahrzeuge, 35 %	105
Bild 51: Anteil abrechenbare und leere Kilometer 2012	105
Bild 52: Anteil abrechenbare und leere Kilometer 2030	105
Bild 53: Eingesetzte Fahrzeuge im Vergleich 4-sitzige und 8-sitzige Fahrzeuge, 35 %	106
Bild 54: Fahrzeugbesetzung 8-sitziger Fahrzeuge, 35 %	106
Bild 55: Fahrleistung der Fahrzeuge 4-Sitzer 2012	107

Bild 56: Fahrleistung der Fahrzeuge 4-Sitzer 2030	107
Bild 57: Betriebszeit der Fahrzeuge 4-Sitzer 2012	108
Bild 58: Betriebszeit der Fahrzeuge 4-Sitzer 2030	108
Bild 59: Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag 4-Sitzer 2012	109
Bild 60: Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag 4-Sitzer 2030	109
Bild 61: Distanzen je Fahrtanfrage 2012	110
Bild 62: Distanzen je Fahrtanfrage 2030	110
Bild 63: mittlerer Besetzungsgrad im Vergleich bei variiert Dispositionsstrategie	116
Bild 64: zurückgelegte Distanzen im Vergleich bei variiert Dispositionsstrategie	116
Bild 65: mittlerer Besetzungsgrad im Vergleich bei variiert Flexibilität der Abfahrtszeit	118
Bild 66: Fahrzeugbesetzung G3.1 oben und bei Flexibilität +/- 0 Minuten (Z3.2) unten	118
Bild 67: Abweichung der disponierten Abfahrtszeit zum Fahrtwunsch	122
Bild 68: Abweichung der tatsächlichen Abfahrtszeit zur disponierten Abfahrtszeit	122
Bild 69: Auswirkungen des zulässigen Umwegfaktors 1,0 auf den Fahrzeugeinsatz	123
Bild 70: Vergleich der mittleren Umwegfaktoren Z 5	123
Bild 71: Fahrzeuge in Bewegung bei variiert Reichweite der Fahrzeuge Z6	125
Bild 72: mittlerer Besetzungsgrad, Fahrleistung und Betriebsstunden bei variiert Reichweite der Fahrzeuge.	126
Bild 73: Fahrzeuge in Bewegung bei verändertem Betrachtungstag	128
Bild 74: mittlerer Besetzungsgrad bei Kombination mehrerer Parameter.	130
Bild 75: Vergleich der Fahrzeuge in Bewegung (Z9) ohne Schüler und nur Schüler	132
Bild 76: Vergleich des Besetzungsgrads (Z 9) ohne Schüler und nur Schüler.	133
Bild 77: Fahrzeugbesetzung des Szenarios Z9.1_2012 ohne Schüler	133
Bild 78: Fahrzeugbesetzung des Szenarios Z9.2_2012 nur Schüler	133
Bild 79: Fahrzeugbesetzung des Szenarios Z9.3_2012 nur Schüler	133

Tabellen

Tabelle 1: Siedlungsstrukturelle Typisierung der Gemeindeverbände, Anteil der Gemeinden in Prozent	8
Tabelle 2: Lebensphasen und Modal Split der Verkehrsmittelnutzung 2008 in Prozent	16
Tabelle 3: Auswirkungen der Trends auf die Gestaltung zukünftiger Mobilitätsangebote im ländlichen Raum	45
Tabelle 4: Vergleich der diskutierten Landkreise zur Auswahl eines Untersuchungsraums	56
Tabelle 5: Ermittelter Modal Split je Personengruppe	57
Tabelle 6: Verteilung der Arbeitswege an einem Dienstag	57
Tabelle 7: Vergleich Wege/Tag Haushaltsbefragung Landkreis Kronach und MOP 2015/2016	58
Tabelle 8: Beispiele Extrapolationsfaktor von Haushaltsbefragung zu Nachfrage im Landkreis	59
Tabelle 9: Ausschnitt aus der Nachfrageliste 1 – 2012	62
Tabelle 10: Überschlägige Berechnung Schülerverkehr	67
Tabelle 11: Definitionen im Modell und bei der Auswertung	68
Tabelle 12: Ausschnitt Nachfrage Dienstag 2 Stunden Voranmeldung	71
Tabelle 13: Übersicht der Szenarien	86
Tabelle 14: Ermittelte Flottengrößen, um die Nachfrage zu X % abzudecken	87
Tabelle 15: Übersicht Grundszenarien	89
Tabelle 16: Übersicht Ergänzungsszenarien	91
Tabelle 17: Vergleich der Szenarien 2012 mit 4-sitzigen Fahrzeugen	98
Tabelle 18: Vergleich der Szenarien 2012 mit 8-sitzigen Fahrzeugen	99
Tabelle 19: Vergleich der Szenarien 2030 mit 4-sitzigen Fahrzeugen	101
Tabelle 20: Vergleich der Szenarien 2030 mit 8-sitzigen Fahrzeugen	102
Tabelle 21: Vergleich Z1.1, Z1.2, Z1.3 mit den Referenzwerten 3.1_2030 und G3.2_2030	115
Tabelle 22: Vergleich Z2 (Dispositionsregel „Hoher Komfort“)	117
Tabelle 23: Vergleich Z3 (Flexibilität)	119
Tabelle 24: Vergleich Z4 (Voranmeldung)	121
Tabelle 25: Vergleich Z5 (Umwegfaktor)	124
Tabelle 26: Vergleich Z6 (batterieelektrischer Betrieb)	127
Tabelle 27: Vergleich Z7 (Wochentag Sonntag)	129
Tabelle 28: Vergleich Z 8 Variation Voranmeldung, Umwegfaktor, Flexibilität	131
Tabelle 29: Vergleich Z 9 Variation Schülerverkehr 2012	134
Tabelle 30: Vergleich Z 9 Variation Schülerverkehr 2030	135
Tabelle 31: Nutzerkosten für die Simulationsergebnisse 2012	140
Tabelle 32: Nutzerkosten für die Simulationsergebnisse 2030	140
Tabelle 33: Jährliche Kosten der Fahrzeugflotte (Status quo)	142

Abkürzungen

ADAC	Allgemeine Deutsche Automobil-Club e.V
AGNH	Arbeitsgemeinschaft Nahmobilität Hessen
ALT	Anruflinientaxi
AST	Anrufsammeltaxi
BAB	Bundesautobahn
Bast	Bundesanstalt für Straßenwesen
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2005 – 2013)
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (seit 2013)
DB	Deutsche Bahn AG
Ew	Einwohner
FG	Fahrgast
FIFO	First in first out
GUI	Graphical User Interface
HBS	Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen
ITF	International Transport Forum
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
Kfz	Kraftfahrzeug
Krad	Kraftrad
LK	Landkreis
MaaS	Mobility as a Service
MiD	Mobilität in Deutschland
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MOP	Deutsches Mobilitätspanel
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
OSM	OpenStreetMap
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PBefG	Personenbeförderungsgesetz
Pkm	Personenkilometer
Pkw	Personenkraftwagen
Q-Z-Matrix	Quelle-Ziel-Matrix
QGIS	Ehemals Quantum-GIS
RIN	Richtlinien für die integrierte Netzgestaltung
SPV	Schienenpersonenverkehr
tkm	Tonnenkilometer
VDRM	Verkehrsdatenbasis Rhein-Main
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Handlungsbedarf

Aktuelle demografische und gesellschaftliche Entwicklungen stellen den liniengebundenen ÖPNV vor allem im ländlichen Raum vor große Herausforderungen. Auswirkungen des demografischen Wandels zeigen sich inzwischen nicht nur in ländlichen Räumen sondern zunehmend auch in Randbereichen von Ballungsräumen. Besonders sinkende Schülerzahlen haben Auswirkungen auf den ÖPNV, da sie derzeit im ländlichen Raum die Hauptnutzergruppe darstellen. Hinzu kommt ein Rückgang der Fahrgastzahlen durch sinkende Bevölkerungszahlen. Für die Verkehrsbetriebe wird damit die wirtschaftliche Basis für das Vorhalten öffentlicher Verkehre immer weiter geschwächt.

Als Folge werden im ländlichen Raum herkömmliche Linienverkehre oft nur noch durch vereinzelte Verbindungen zum nächstgrößeren Zentrum und für den Schülerverkehr angeboten. Somit kann nur noch ein Teil der Daseinsvorsorge als abgedeckt angesehen werden: Eine freie Entfaltung der Mobilität ist damit ohne den privaten Pkw oft nicht möglich. Hinzu kommt, dass es gerade mit Blick auf den demografischen Wandel im ländlichen Raum zunehmend ältere Menschen geben wird, die nicht mehr Auto fahren können oder wollen. Jedoch sollten auch diesen Personen Möglichkeiten zur Verfügung stehen, ihre Wünsche nach Mobilität zu befriedigen. Es stellt sich daher die Frage, wie Mobilität und damit gesellschaftliche Teilhabe im ländlichen Raum auch zukünftig sichergestellt werden kann.

Eine Möglichkeit, Nahmobilität im ländlichen Raum zu gewährleisten, ist der Einsatz flexibler Angebotsformen (z.B. AST-Verkehre). Weitere heute bereits eingesetzte flexible Verkehre umfassen Linienverkehre mit bedarfsabhängiger Linienabweichung oder Linienaufweitung sowie bedarfsabhängige Zubringer- und Abbringerverkehre mit Anschluss an Linienverkehre durch Korridor- und Sektorenbetrieb. Alternative Angebote, die laut des Personenbeförderungsgesetzes (PBefG) nicht zum öffentlichen Verkehr gehören, sind Carsharing und Mitfahrgelegenheiten, die allerdings in ländlichen Räumen durch geringe Nachfrage bisher keine weite Verbreitung finden.

Diesen sich weiter verschärfenden Problemen ländlicher Räume, die aus der demografischen Entwicklung resultieren, stehen aber auch positive Entwicklungen im technischen Bereich gegenüber. Neben Verbesserungen in der Informations- und Kommunikationstechnik, die eine wichtige Voraussetzung für bedarfsabhängige Bedienformen sind, gerät insbesondere der Einsatz autonomer Fahrzeuge zunehmend in den Fokus. Angesichts des hohen Anteils der Personalkosten an den Gesamtkosten im öffentlichen Verkehr versprechen autonome Fahrzeuge gerade bei einer kleinteiligen, flexiblen Bedienung im ländlichen Raum erhebliche wirtschaftliche Vorteile. Durch die Kombination bedarfsabhängiger Bedienformen mit autonomen Fahrzeugen könnte auch die Möglichkeit entstehen, dort das Angebot an öffentlichem Verkehr wieder zu stärken und neue Nutzergruppen zu gewinnen.

Vor diesem Hintergrund ist es das Ziel der vorliegenden konzeptionellen Studie, für den ländlichen Raum die grundsätzlichen Einsatzmöglichkeiten und das Potenzial eines flexiblen Sammelverkehrs, als Ersatz des liniengebundenen ÖPNV, auf Basis autonomer Fahrzeuge zu erforschen.

1.2 Zielsetzung und Abgrenzung des Themengebiets

In dieser Arbeit wird das Beförderungspotenzial von Sammelverkehren im ländlichen Raum als Ersatz des klassischen ÖPNVs untersucht. Dabei liegt das Hauptaugenmerk auf dem Einsatz autonomer Fahrzeuge. Um trotzdem auch für die nähere Zukunft gerüstet zu sein, wird auch darauf eingegangen, ob Sammelverkehre im ländlichen Raum mit Fahrern realisierbar wären.

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der Frage der Umsetzbarkeit und des theoretischen Potenzials, Fahrten im ländlichen Raum zu bündeln. Dabei möchte diese Arbeit nicht nur herausstellen, ob Bündelungspotenzial vorhanden ist, sondern vor allem auch, wie sich verschiedene Parameter der Bedienung auf das Bündelungspotenzial auswirken.

Diese Abschätzung wird mit Hilfe eines neu erstellten, agentenbasierten Modells auf Basis einer existierenden Mobilitätsbefragung eines realen ländlichen Raums umgesetzt. Unter Berücksichtigung des demografischen Wandels und verschiedener Trends, die zukünftig das Leben und das Mobilitätsverhalten im ländlichen Raum beeinflussen, wird zusätzlich zum Status Quo als Prognosehorizont das Jahr 2030 gewählt.

In anderen Forschungsarbeiten wurde die Umsetzbarkeit eines Sammelverkehrs (mit autonomen Fahrzeugen) für Städte wie Lissabon und Hamburg sowie urbane Räumen (Stuttgart) mehrfach untersucht [HUB, FRICK, UND KECK 2016; ITF INTERNATIONAL TRANSPORT FORUM 2015; FRIEDRICH UND HARTL 2017]. Bündelungspotenzial ist hier ganz klar vorhanden. Durch eine hohe Bevölkerungsdichte sowie durch eine Vielzahl nah beieinanderliegender Ziele sind Sammelverkehre sehr effektiv einsetzbar. Der ländliche Raum hingegen weist eine deutlich andere Struktur in Bezug auf die Bevölkerungsverteilung, Länge der Wege und räumliche Verteilung der Ziele auf.

Deshalb ist eine gesonderte Betrachtung bei der Umsetzung von (autonomen) Sammelverkehren im ländlichen Raum notwendig.

Das angewendete agentenbasierte Modell ist nicht als Betriebssimulation zu verstehen, sondern dient der Potenzialabschätzung zum Einsatz eines autonomen Sammelverkehrs im ländlichen Raum als Ersatz des klassischen ÖPNVs. Entsprechend werden hier Details, wie der Verkehrsfluss, sowie die Preissensitivität der Nutzer nicht in das Modell integriert.

1.3 Forschungsfragen

Ziel dieser Arbeit ist es, die folgenden Forschungsfragen in Bezug auf Sammelverkehr mit autonomen Fahrzeugen im ländlichen Raum zu beantworten.

- Ist eine Bündelung von Wegen/Fahrgästen möglich?
- Wie groß ist das Bündelungspotenzial?
- Wie groß sollte eine Fahrzeugflotte sein, um ein bestimmtes Nachfrageniveau abzudecken?
- Ändert sich die Effizienz eines Mobilitätssystems mit Sammelverkehren bei verändertem Nachfrageniveau?
- Sollten eher kleinere oder größere Fahrzeuge eingesetzt werden, um den Flotteneinsatz möglichst effizient zu gestalten/ um ein hohes Bündelungspotenzial zu realisieren?
- Ist ein Fahrzeugmix in der Fahrzeugflotte anzustreben?
- Wie wirken sich die Veränderungen durch den demografischen Wandel auf den Einsatz eines Mobilitätsangebots auf der Basis von Sammelfahrzeugen aus?

Nach der Beantwortung grundlegender Fragen wird die entwickelte Methodik dazu eingesetzt, weitere Fragen zu klären:

- Wie sieht eine geeignete Zusammensetzung der Fahrzeugflotte aus?
- Welche Auswirkung hat eine veränderte Dispositionsregel, die den Komfort der Nutzer priorisiert?
- Welche Auswirkungen haben Veränderungen in der Flexibilität der Nutzer?
- Wie weit im Voraus sollte ein Fahrtwunsch mindestens angemeldet werden?
- Welcher maximale Umwegfaktor ist für ein solches System geeignet?
- Kann ein öffentlicher Sammelverkehr im ländlichen Raum mit batterieelektrisch angetriebenen Fahrzeugen umgesetzt werden?
- Wie fällt die Systemauslastung an nachfrageschwachen Tagen aus?
- Sollte die Abwicklung des Schülerverkehrs getrennt vom regulären ÖV-Angebot geplant/durchgeführt werden?

1.4 Aufbau der Arbeit und Methodik

Aufbau

Im Kapitel Grundlagen wird die theoretische Basis für die gesamte Forschungsarbeit gelegt. Zunächst wird der ländliche Raum anhand aktueller Literatur definiert. Auf diese Weise kann im Nachfolgenden für das Modell ein geeigneter Raum mit den entsprechenden Kriterien ausgewählt werden. Darüber hinaus wird die Wichtigkeit der Mobilität im ländlichen Raum als Teil der Daseinsvorsorge herausgearbeitet. Entsprechend erfolgt in diesem Kapitel die Erörterung der Bedeutung des Themas "Sammelverkehr im ländlichen Raum" – auch mit Blick in die Zukunft. Auf die theoretische Basis für verkehrsspezifische Aspekte geht das Unterkapitel "Aktueller Stand von Verkehrsnachfrage und Verkehrsangebot" ein. Zunächst werden die Grundformen der Bedienung aufgezeigt und erläutert, wieso Sammelverkehre zum aktuellen Zeitpunkt noch schwierig umzusetzen sind. Nichtsdestotrotz werden bereits heute Pilotprojekte umgesetzt. Diese werden mit ihren jeweiligen Spezifikationen vorgestellt. Bei der Umsetzung von Sammelverkehren im ländlichen Raum sind vor allem die Besonderheiten bei Bedarf und Nachfrage des ÖPNVs zu beachten – diese sind in Kapitel 2.2.4 eingehend dargestellt.

Kapitel 2.3 beschreibt die Entscheidung zur Nutzung der Modellierungsumgebung AnyLogic.

Um jedoch nicht nur auf die aktuelle Situation einzugehen, sondern auch den Ausblick 2030 angemessen zu berücksichtigen, befasst sich Kapitel 3 mit aktuellen Trends. Allgemeine gesellschaftliche Trends werden in Kapitel 3.1 als Megatrends beschrieben. Hier werden fünf Trends betrachtet, die für Verkehrsentwicklung und -planung von Bedeutung sind. Die Auswirkungen dieser Trends für den Mobilitätsbedarf und das Mobilitätsangebot der Zukunft beschreiben die folgenden Kapitel 3.2 und 3.3. So können auf Basis aktueller, bereits sichtbarer Trends, Rückschlüsse gezogen werden auf Veränderungen im zukünftigen Mobilitätsbedarf und -angebot. Daher werden jeweils sechs Trends erarbeitet, wie sich sowohl Bedarf als auch Angebot entwickeln. Auch wird berücksichtigt, dass sich Trends gegenseitig beeinflussen oder es gar gegenläufige Entwicklungen geben kann, die derzeit noch nicht absehbar sind. Die Zusammenfassung der Trendentwicklungen und die Schlussfolgerungen, die daraus gezogen werden, sind in Kapitel 3.4 dargestellt. Die Erkenntnisse dieser Trendanalyse sind elementar, um passende Kriterien für die Modellierung herauszuarbeiten und in das Modell zu implementieren. So können Modellspezifikationen konkretisiert werden, die für eine adäquate Simulation des Sammelverkehrs im ländlichen Raum

geeignet sind. Darüber hinaus finden sich in Kapitel 3.4 weitere, aus den vorangegangenen Kapiteln abgeleitete, Kriterien, die bei der Bedienung eines Sammelverkehrs berücksichtigt werden müssen. Darunter werden zum Beispiel unterschiedliche Fahrzeugkonzepte und Betreibermodelle beleuchtet.

Das Modell selbst ist in den Kapiteln 4 und 5 vorgestellt. Kapitel 4 befasst sich zunächst mit den Vorüberlegungen. Hier werden nicht nur die genauen Auswirkungen und Entscheidungen erläutert, die sich aus den vorherigen Kapiteln für die Modellstruktur und -ausgestaltung ergeben, sondern auch weitere grundlegende Spezifikationen des Modells dargestellt, wie zum Beispiel die Verteilung der Haltestellen (Kapitel 4.3). Zunächst erfolgt in 4.1 die Auswahl eines geeigneten ländlichen Raums entsprechend der Kriterien aus Kapitel 2.1. Anschließend wird erläutert, wie Daten für die Nachfrage im Modell gewonnen werden und auf welcher Grundlage die Daten für das Modell aufbereitet werden. Im letzten Unterkapitel (4.4) werden dann Modellierungsentscheidungen dargestellt, die auf Basis der erarbeiteten Grundlagen und zukünftigen Entwicklungen getroffen werden.

Kapitel 5 stellt den Aufbau und die einzelnen Parameter des Modells vor, sowie den Ablauf der Simulation und schließt mit der Erläuterung, wie die modellierten Daten auf ihre Richtigkeit hin validiert werden.

Um mit den gewählten Kriterien und dem erarbeiteten Modell eine möglichst große Bandbreite an Variationen zu simulieren, stellt Kapitel 6 die verschiedenen Simulationsszenarien vor. Zunächst wird erläutert, wie die Flottengröße der einzelnen Szenarien festgelegt wird, anschließend werden sowohl die Grundszenarien vorgestellt als auch die Ergänzungsszenarien.

Die wichtigste Forschungsfrage, die durch die Grundszenarien beantwortet werden soll, ist die Umsetzbarkeit eines Sammelverkehrs im ländlichen Raum „heute“ (Einwohnerstatistik 2012 liegt zugrunde) und in Zukunft (2030) unter Berücksichtigung einer steigenden Anzahl von Nutzern des ÖPNV. Als Ergänzung erfolgt darüber hinaus die Simulation weiterer Szenarien, die die erarbeiteten Trends aus 3.2 und 3.3 beinhalten.

In Kapitel 7 sind zunächst die Ergebnisse der Simulation der Grundszenarien dargestellt. Anschließend erfolgt eine Analyse der betrachteten Ergebnisse im Vergleich der Simulationsszenarien. Ein Zwischenfazit folgt auf die Analyse der Grundszenarien.

In Kapitel 8 erfolgt die Betrachtung und Analyse der Ergebnisse aus den Ergänzungsszenarien, in welchen einzelne Simulationsparameter verändert werden. Anschließend folgt ein Zwischenfazit zu den Ergebnissen aus den Ergänzungsszenarien. Abschließend werden weitere Analysen auf Basis der ermittelten Ergebnisse betrachtet. So werden unter anderem die Umsetzbarkeit der Verkehre mit Fahrern betrachtet und die Kosten für die Nutzer abgeschätzt.

Fazit und Ausblick auf den weiteren Forschungsbedarf finden sich in Kapitel 9.

Methodik

Zunächst werden theoretische Grundlagen zum ländlichen Raum und zum Einsatz von Sammelverkehren unter Berücksichtigung der rechtlichen Grundlagen dargelegt.

Anschließend werden gesellschaftliche Megatrends ausgearbeitet, welche sich auf die Mobilität der Menschen im ländlichen Raum auswirken können. Hier findet eine Unterteilung in Auswirkungen auf die Mobilitätsnachfrage und das Mobilitätsangebot statt. Auf Basis dieser Auswirkungen werden Entscheidungen für später zu erarbeitende Simulationsszenarien festgelegt, um den Trends Rechnung zu tragen.

Um die tatsächliche Nachfrage in einem ländlichen Raum realistisch darstellen zu können, wird ein passender ländlicher Landkreis identifiziert, für den eine Simulation von Sammelverkehren umgesetzt werden kann und für den eine gute Datengrundlage besteht.

Die Nachfrage wird basierend auf der für den ausgewählten Landkreis verfügbaren Haushaltsbefragung auf zwei Zeithorizonte, 2012 und 2030, extrapoliert, um die Grundgesamtheit aller Wege im Landkreis zu ermitteln und diese dann als Mobilitätsnachfrage anteilig in den Simulationen einzusetzen.

Das agentenbasierte Softwaremodell zur Simulation von Sammelverkehren im ländlichen Raum wird erstellt, getestet und eingesetzt. Basierend auf den Möglichkeiten, die das erstellte Modell bietet, werden Simulationsszenarien erstellt, die zunächst als Grundszenarien den Fokus auf verschiedene Nachfrageniveaus, die zwei Zeithorizonte und zwei Fahrzeuggrößen legen. Anschließend wird in Ergänzungsszenarien der Einfluss weiterer Parameter untersucht. Für einen sinnvollen Fahrzeugeinsatz werden passende Flottengrößen ermittelt.

Die Ergebnisse werden anschließend analysiert und maßgebende Aussagen herausgearbeitet. Abschließend werden für eine Schlussbetrachtung die Aussagen zusammengefasst und die Übertragbarkeit auf andere Räume betrachtet.

2 Grundlagen

2.1 Der ländliche Raum

2.1.1 Definition

Zur Definition des ländlichen Raums lassen sich zwei Abgrenzungsmethodiken heranziehen: Abgrenzung nach der Dichte der Besiedlung sowie nach der Lage im Raum und somit nach der Erreichbarkeit von Zentren (siehe auch RIN [FGSV 2009B]). Während sich die Abgrenzung nach der Dichte der Besiedlung auf die Unterschiede zwischen städtischen und ländlichen Gebieten in Bevölkerungsdichte und Siedlungsflächenanteilen fokussiert, konzentriert sich die Abgrenzung nach der Lage auf die Unterscheidung zentraler und peripherer Räume. Diese sind nach BBSR klassifiziert durch die potenziell erreichbare Tagesbevölkerung¹.

Die Ermittlung, ob es sich bei einem Betrachtungsraum um einen ländlichen Raum handelt, soll im Regelfall nicht über beide Methodiken hinweg aggregiert erfolgen, sondern je nach Untersuchungszweck getrennt nach Besiedlungsdichte oder Lage durchgeführt werden. Es besteht aber sehr wohl die Möglichkeit, aus Besiedlung und Lage erstellte Karten zu überlagern.

Auf diese Weise können vier siedlungsstrukturelle Kreistypen unterschieden werden: Definition nach BBSR [BBSR 2014] (Laufende Raumbbeobachtung – Raumabgrenzungen).

- **Kreisfreie Großstädte:** Kreisfreie Städte mit mind. 100.000 Einwohnern (Ew)
- **Städtische Kreise:** Kreise mit einem Bevölkerungsanteil in Groß- und Mittelstädten von mind. 50% und einer Einwohnerdichte von mind. 150 Ew/km² sowie Kreise mit einer Einwohnerdichte ohne Groß- und Mittelstädte von mind. 150 Ew/km²
- **Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen:** Kreise mit einem Bevölkerungsanteil in Groß- und Mittelstädten von mind. 50%, aber einer Einwohnerdichte unter 150 Ew/km² sowie Kreise mit einem Bevölkerungsanteil in Groß- und Mittelstädten unter 50 % mit einer Einwohnerdichte ohne Groß- und Mittelstädte von mind. 100 Ew/km²
- **Dünn besiedelte ländliche Kreise:** Kreise mit einem Bevölkerungsanteil in Groß- und Mittelstädten unter 50 % und einer Einwohnerdichte ohne Groß- und Mittelstädte unter 100 Ew/km²

Bild 1 zeigt eine Übersicht der siedlungsstrukturellen Kreistypen in Deutschland. Tabelle 1 zeigt, dass etwa 25 % der Bevölkerung in Deutschland in sehr peripheren und peripheren Räumen leben. Daraus leitet sich die Relevanz der Betrachtung von Mobilitätsangeboten im ländlichen Raum ab. Eine weiterführende Unterteilung der Kreistypen kann Bild 2 entnommen werden.

¹ bbsr.bund.de/BBSR/DE/Raumbbeobachtung/Raumabgrenzungen/Raumtypen2010_vbg/Raumtypen2010_alt.html?nn=443270
Zugriff: 13.07.17 (letzter Aufruf: 13.01.2018)

Siedlungsstruktureller Kreistyp

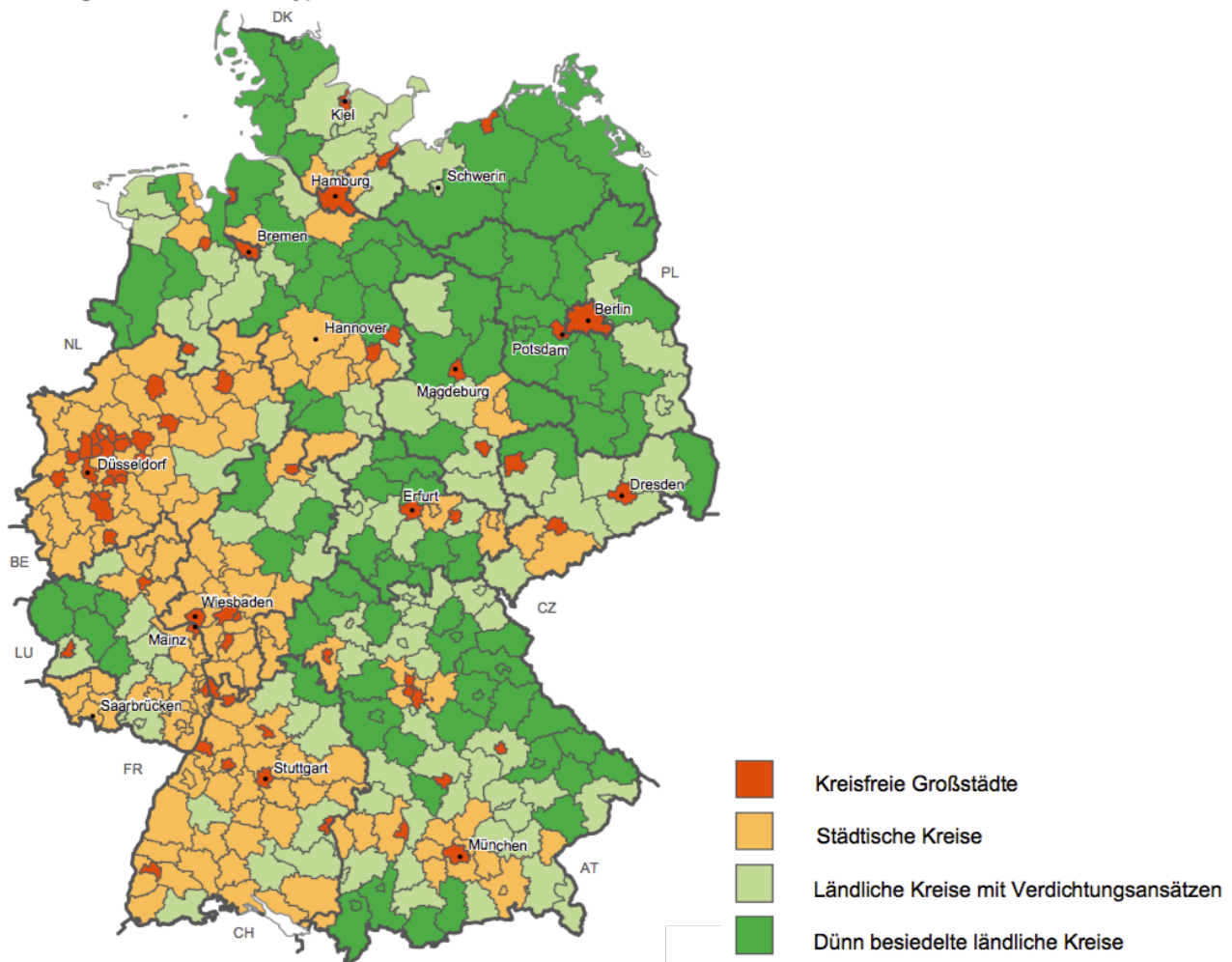


Bild 1: Städtischer und ländlicher Raum [BBSR 2017], Datenbasis: Laufende Raumbeobachtung des BBSR, Geometrische Grundlage: Kreise/Raumordnungsregionen (generalisiert), 31.12.2014 © GeoBasis-DE/BKG

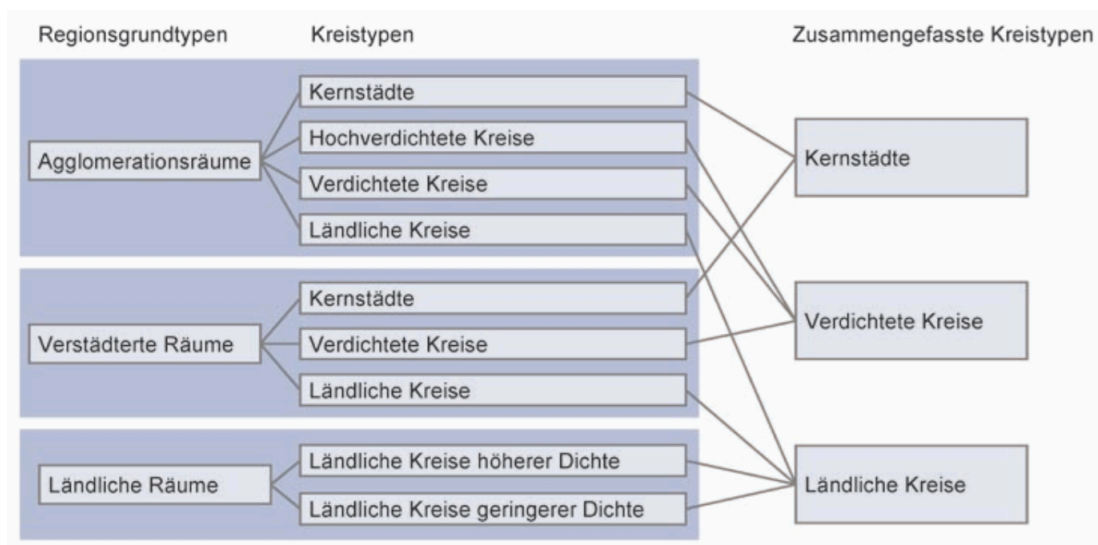


Bild 2: Neun siedlungsstrukturelle Kreistypen des BBSR [BBSR 2014]

Tabelle 1: Siedlungsstrukturelle Typisierung der Gemeindeverbände, Anteil der Gemeinden in Prozent
[SPELLERBERG 2016]

siedlungsstrukturelle Typisierung	Fläche	Bevölkerung	Beschäftigte
	insgesamt		
sehr peripher	18,9	4,2	3,0
peripher	43,3	20,8	18,2
zentral	26,3	28,2	26,8
sehr zentral	11,6	46,9	52,0
	darunter		
Überwiegend ländlich, insgesamt	59,9	17,7	10,4
sehr peripher	17,36	3,1	1,9
peripher	31,5	9,7	5,9
zentral	10,5	4,5	2,5
sehr zentral	0,6	0,4	0,2
Teilweise städtisch, insgesamt	19,9	15,3	14,0
sehr peripher	1,4	0,8	0,9
peripher	9,1	6,4	6,7
zentral	7,8	6,4	5,2
sehr zentral	1,7	1,7	1,4
Überwiegend städtisch, insgesamt	20,2	67,0	75,5
sehr peripher	0,2	0,3	0,3
peripher	2,8	4,7	5,7
zentral	7,9	17,3	19,1
sehr zentral	9,3	44,7	50,4

2.1.2 Daseinsvorsorge

Sobald in Deutschland die Sprache auf die Versorgung im ländlichen Raum kommt, wird der Begriff Daseinsvorsorge herangezogen. Der Begriff als solcher ist nicht näher definiert, umfasst jedoch im Regelfall gleichbleibende Bereiche der öffentlichen Versorgung. Oft ist ebenfalls die Rede von „Existenzsicherung“. So werden Tätigkeiten des Staates bezeichnet, die einer Basisversorgung der Bevölkerung mit wesentlichen Dienstleistungen und Gütern dienen. Die typischen Beispiele der Daseinsvorsorge umfassen Aufgaben wie die Versorgung mit Wasser, Gas und Strom und die Bereitstellung von Mobilität durch den Betrieb des öffentlichen Personennahverkehrs. Daneben können Brand- und Katastrophenschutz, Gesundheitsversorgung, Bildung, Post und Telekommunikation, Nahversorgung und Rettungsdienst zur Daseinsvorsorge gezählt werden [RIED 2016; LIBBE 2012; AKADEMIE FÜR RAUMFORSCHUNG UND LANDESPLANUNG 2016B; KAETHER, DEHNE, UND NEUBAUER 2016]. Das Bundesverfassungsgericht hat die Daseinsvorsorge bereits 1984 als öffentliche Aufgabe definiert² und bezieht sich auf das Sozialstaatsprinzip in Artikel 20 Absatz 1 des Grundgesetzes.

„Die Beantwortung der Frage, welche Güter und Dienstleistungen allerdings konkret von staatlicher Seite aus bereitgestellt werden müssen, ist durchaus umstritten und unterliegt – wie damit auch die Definition des Begriffes „öffentliche Daseinsvorsorge“ selbst – dem gesellschaftlichen Wandel.“ [LIBBE 2012]

Das Verständnis der Daseinsvorsorge, zurückgehend auf die 30er Jahre, wird besonders seit den 1990er Jahren hinterfragt. Gründe dafür sind unter anderem eine fortschreitende Liberalisierung und Deregulierung sowie grenzüberschreitender Wettbewerb innerhalb der EU sowie die zunehmend schwierigen Finanzlagen der Kommunen. Demografischer Wandel und Bevölkerungsrückgang, vor allem im ländlichen Raum, verschärfen die Situation [LIBBE 2012].

Für die Anforderung der Daseinsvorsorge im Bereich des Verkehrs kann die folgende Definition herangezogen werden: Gewährleistet werden muss die Möglichkeit, Leistungen aus anderen Bereichen der Daseinsvorsorge innerhalb eines Werktages erreichen zu können.

Dies kann und soll zum Beispiel erreicht werden durch:

- die Entwicklung zukunftsfähiger Mobilitätskonzepte,
- die Einbindung und Erprobung alternativer Bedienformen,
- die Entwicklung zielgruppenspezifischer Lösungen,
- die bessere Vernetzung und Abstimmung der einzelnen Mobilitätsbausteine (liniengebundene Verkehre, Bürgerbus, ALT, AST u. a.),
- die Steigerung der Effektivität und Tragfähigkeit lokaler Systeme (z. B. Bürgerbus) durch regionale Betrachtung und Erweiterung,
- die vertiefende Betrachtung von „neuralgischen“ Punkten – also Orten, zu denen die Einwohner im Regelfall kommen müssen oder wollen, sowie von Mobilitätslücken und
- die Entwicklung von Maßnahmen für unterversorgte Bereiche.

[KAETHER, DEHNE, UND NEUBAUER 2016; AKADEMIE FÜR RAUMFORSCHUNG UND LANDESPLANUNG 2016B]

² Bundesverfassungsgericht 66, 248, 258

Zusätzlich kann der Einsatz flexibler Bedienformen im ländlichen Raum einen wesentlichen Beitrag dazu leisten, die Daseinsvorsorge zu gewährleisten.

2.2 Aktueller Stand von Verkehrsnachfrage und Verkehrsangebot

2.2.1 Grundformen der Bedienung im ÖPNV

Grundlage des öffentlichen Personennahverkehrs im ländlichen Raum ist zumeist der Schülerverkehr, der die wirtschaftliche Basis für Verkehrsunternehmen bildet. Gerade in ländlichen Räumen, die stark vom demografischen Wandel betroffen sind, wirkt sich der Rückgang der Schülerzahlen auch auf die Versorgung mit Verkehrsdienstleistungen aus. Das ÖPNV-Angebot und damit die Versorgung des Raums mit Mobilität werden zunehmend geschwächt.

Erfahrungen der letzten Jahre zeigen, dass flexible Angebotsformen grundsätzlich ein geeignetes Instrument darstellen können, um die Mobilitätsversorgung ländlicher Räume auch ohne oder mit nur geringem klassischem liniengebundenen ÖPNV aufrecht zu erhalten. Mit unterschiedlichen Konzepten werden klassische öffentliche Verkehre ergänzt (in Zeiten geringer Nachfrage) oder gänzlich ersetzt. Im Unterschied zum klassischen Linienverkehr fällt ein hoher Anteil der Kosten nur an, wenn das Angebot tatsächlich genutzt wird. Trotzdem ist ein kostendeckender Betrieb in sehr vielen Fällen nicht zu erwarten. In der Praxis hat sich gezeigt, dass auch flexible Angebote einer sorgfältigen Planung bedürfen und an wirtschaftliche Grenzen stoßen. Auch bei flexiblen Angeboten steigen die Kosten je Fahrgast bei geringer Nachfrage deutlich an. Neben den Fixkosten für das Vorhalten von Fahrer und Fahrzeug müssen noch die Kosten für die Disposition berücksichtigt werden. Gewünschte Bündelungseffekte können gegebenenfalls nicht erreicht werden, da oft nur wenige Fahrten mit kleinen Fahrzeugen durchgeführt werden [SOMMER ET AL. 2016; BÖHLER ET AL. 2009; STEINRÜCK, KÜPPER 2010].

Die charakteristischen Grundformen der Bedienung im öffentlichen Verkehr und die Ausprägungen des Richtungsbandbetriebs sind in Bild 3 dargestellt.

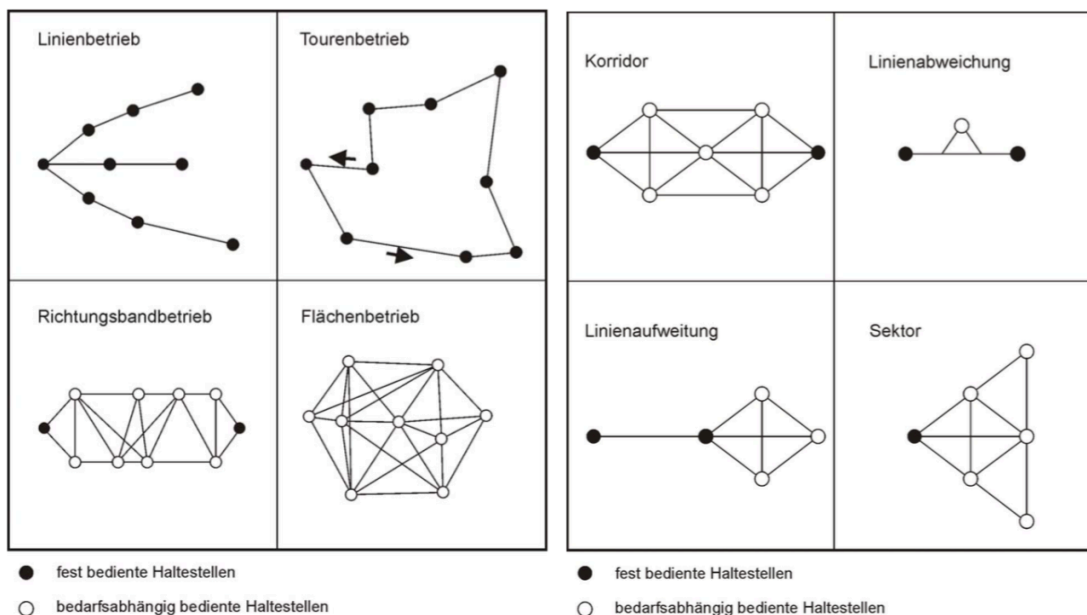


Bild 3: Charakteristische Grundformen der Bedienung im öffentlichen Verkehr (links) und Ausprägungen des Richtungsbandbetriebs (rechts) [KIRCHHOFF 1987]

In einem umfangreichen Werk, herausgegeben vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), beschreiben Sommer et al. die Mobilitäts- und Angebotsstrategien in ländlichen Räumen [SOMMER ET AL. 2016]. Dieser Veröffentlichung sind die folgenden Bilder zur Differenzierung der Angebotsformen im ÖPNV entnommen.

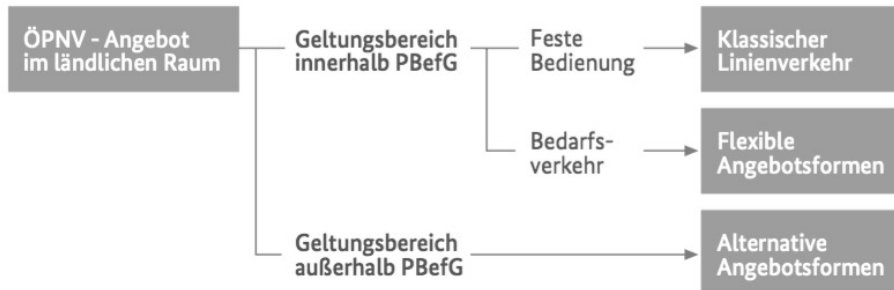


Bild 4: Differenzierung der Angebotsformen im ländlichen Raum [Sommer et al. 2016]

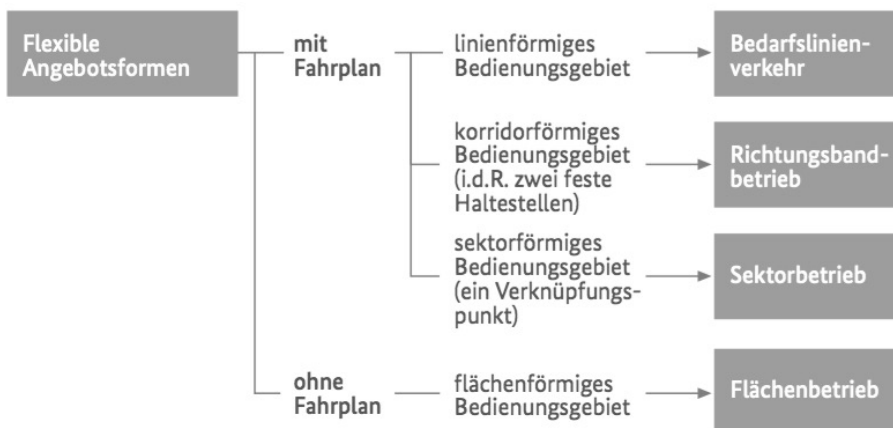


Bild 5: Flexible Angebotsformen [SOMMER ET AL. 2016]

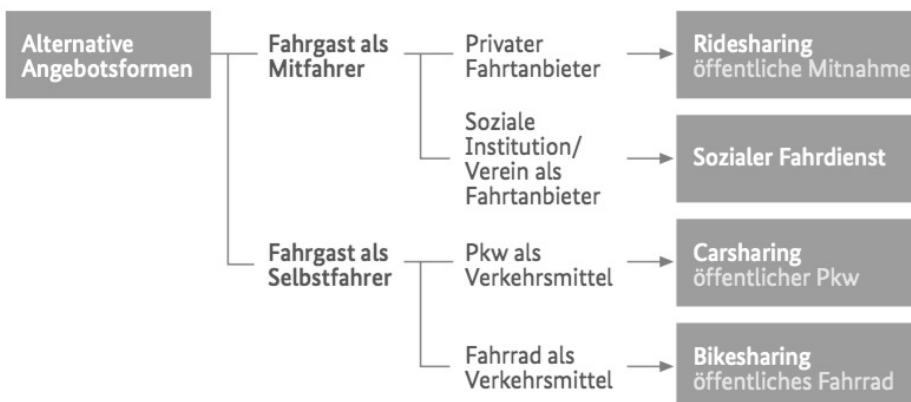


Bild 6: Alternative Angebotsformen [SOMMER ET AL. 2016]

Bedarfsverkehre innerhalb des Personenbeförderungsgesetzes (PBefG) werden als flexible Angebotsformen bezeichnet; Angebote außerhalb des PBefG als alternative Angebotsformen. Flexible Angebote können heute entweder als Linienverkehr, Anruflinientaxi (ALT) oder als Gelegenheitsverkehr (Anrufsammeltaxi – AST) genehmigt werden. Bei der Genehmigung des ALT

handelt es sich um einen regelmäßigen Linienverkehr mit Fahrplan, bei dem zusätzliche Haltestellen nur bei Bedarf angefahren werden, meist genehmigt durch § 42 und § 2 Abs. 6 PBefG. Bei einer Genehmigung des AST wird sich auf § 49 PBefG „Verkehr mit Mietomnibussen und mit Mietwagen“ berufen [PBefG, 2017].

Alternative Angebote sind jene, die heute nicht über das PBefG genehmigt werden (können). Somit fallen vor allem Verkehre von Privatpersonen, die ohne Gewinnerzielungsabsicht andere Personen mitnehmen, unter den Begriff Ridesharing und somit unter die alternativen Angebotsformen. Car- und Bikesharing wird im PBefG nur als Option zum Selbstfahren betrachtet, nicht aber als Möglichkeit mit autonomen Fahrzeugen Beförderungsdienstleistungen zu erbringen.

Nicht genehmigungsfähige Verkehre, wie zum Beispiel kommerzielle Sammelverkehre außerhalb des Taxigewerbes, können durch die sogenannte „Experimentierklausel“ § 2 Abs. 7 zur Erprobung neuer Verkehrsmittel oder Verkehrsarten durch eine Einzelfallentscheidung genehmigt werden. Allerdings können diese Experimente nach heutigem Recht maximal 4 Jahre durchgeführt und nach Ablauf nicht verstetigt werden [PBefG, 2017].

Merkmale zur Einordnung des ÖPNV-Angebots sind in einem morphologischen Kasten in Bild 7 dargestellt.

Funktion	Erschließung in der Fläche		Erschließung an einer Linie		Verbindung innerhalb Kommune/ Stadt		Zu-/Abbringer zu Massentransport		Verbindung von Zentren			
Fahrzeug	Pkw		Kleinbus		Bus		Gelenkbus		Straßenbahn		S-Bahn	
Halte	Haustür				Straßenecke/ virtuelle Haltestelle				Haltestelle			
maximale Entfernung zur Haltestelle	0 m		< 300 m		< 500 m		< 1 km		> 1 km			
Bedienung	flexibel, bedarfsabhängig						nach Fahrplan					
Geltungsbereich	innerhalb PBefG						außerhalb PBefG					

Bild 7: Morphologischer Kasten zur Einordnung des ÖPNV-Angebots (eigene Darstellung)

Mit der Ausprägung des Merkmals **Funktion** wird der grundlegende Einsatz des ÖPNV-Angebots beschrieben; von der eher kleinräumigen flächenhaften Erschließung einer Kommune bis hin zur weiträumigen Verbindung von Mittel- oder Oberzentren.

Das Merkmal **Fahrzeug** beschreibt die Art des im ÖPNV-Angebot eingesetzten Fahrzeugs.

Das Merkmal **Halte** beschreibt, wo Fahrgäste in die Fahrzeuge zu bzw. aus den Fahrzeugen aussteigen können.

Mit dem Merkmal **maximale Entfernung zur Haltestelle** wird auf regulär angesetzte Einzugsgebiete von Haltestellen Bezug genommen. Die Entfernung 0 m entspricht einem Zustieg an der Haustür.

Mit dem Merkmal **Bedienung** wird zwischen flexiblen Angeboten, die bedarfsabhängig angefordert werden, und regulären fahrplangebundenen Verkehren unterschieden.

2.2.2 Beispiele der Umsetzung flexibler Bedienformen

Zur Umsetzung von flexiblen Bedienformen im ÖPNV gibt es mittlerweile vielfältige Beispiele. Im „Handbuch zur Planung flexibler Bedienungsformen im ÖPNV“ des BMVBS sind die relevanten Schritte zur Einführung flexibler Bedienformen zusammengestellt [BÖHLER ET AL. 2009]. Eine dieser schon fast als klassisch zu bezeichnenden Möglichkeiten wurde in dem Projekt midkom umgesetzt.

midkom

Die Abkürzung midkom steht für **M**obilität in **d**er **K**ommune und stellt eine Ergänzung zum Öffentlichen Personennahverkehr und eine Alternative zur täglichen Nutzung des eigenen PKW dar. Das Modell midkom wird unter anderem in der Gemeinde Mühlthal und der Stadt Ober-Ramstadt eingesetzt.

Je nach umgesetztem Konzept werden AST-Verkehre oder Bürgerbusse bedarfsabhängig zu bestimmten Betriebszeiten angeboten. Private Verkehre sind im midkom-Konzept zwar vorgesehen, jedoch in den Kommunen nicht umgesetzt worden. Verkehre werden über eine Dispositionszentrale organisiert und müssen mindestens 30 Minuten vor Beginn der Fahrt bestellt werden. Diese werden jedoch nur zu festgelegten Betriebszeiten angeboten. Die Nutzerkosten für eine Fahrt werden im Vorhinein festgelegt [BOLTZE ET AL. 2008; JACOBY UND WAPPELHORST 2016].

Nachfolgend werden zwei junge Modellprojekte mit einer Kombination aus flexibler und alternativer Bedienung erläutert:

garantiert mobil!

Kern des Angebots ist eine „Mobilitätsgarantie“, die beinhaltet, jederzeit aus einer Ortschaft im Odenwaldkreis das nächste Zentrum zu erreichen. Fahrtwünsche müssen mindestens 60 Minuten vor der Fahrt abgegeben werden. Das Angebot soll 24/7 zur Verfügung stehen und die Verteilung der Haltestellen orientiert sich an bestehenden Fahrwegrelationen [KRÄMER 2016]. Private Mitnahmefahrten werden (unter bestimmten Rahmenbedingungen) durch eine Einzelfallentscheidung des RP Darmstadt als genehmigungsfrei eingestuft, was die Kombination von privaten und öffentlichen Verkehren erst möglich macht [KRÄMER 2018; KAETHER, DEHNE, UND NEUBAUER 2016].

Mobilfalt

Im Nordhessischen Verkehrsverbund (NVV) wurde das Angebot Mobilität im ländlichen Raum / Mobilfalt entwickelt, um die Anbindung des ländlichen Raums zu verbessern [SCHMITT UND SOMMER 2013]. Mobilfalt basiert auf der Idee, den öffentlichen Verkehr mit Privatverkehren zu verknüpfen. Durch die Mitnahme in privaten Pkw soll der Linienbusverkehr ergänzt und vorhandene AST-Verkehre ersetzt werden. Fahrten werden zentral koordiniert und werden in den Schwachlastzeiten auf bestehenden Relationen angeboten. Sollte keine private Fahrt vermittelt werden können, wird auf Taxen zurückgegriffen, ohne dass zusätzliche Kosten auf den Kunden zukommen. Für die Beförderung durch private Anbieter wird ein Komfortzuschlag von 1 Euro pro Fahrt berechnet [SCHMITT UND SOMMER 2013].

In den Beispielen wird deutlich, dass in Hessen in zwei Modellvorhaben sogar auf freie Beförderungskapazitäten privater Pkw zurückgegriffen wird. Diese werden als alternative Angebotsform, außerhalb des Geltungsbereichs des PBefG, in ein öffentliches Beförderungsangebot integriert. Beide Projekte erfordern umfangreiche konzeptionelle

Vorüberlegungen, die Bearbeitung rechtlicher Hürden und zum Teil Ausnahmegenehmigungen, um in den durch das PBefG geregelten ÖPNV integriert werden zu können.

2.2.3 Beispiele der Umsetzung alternativer Bedienformen

Neue Mobilitätsmodelle werden aktuell in verschiedenen Städten erprobt. Allerdings wird hier noch größtenteils auf Fahrzeuge mit Fahrern zurückgegriffen. Auf der Softwarebasis von Systemanbietern wie door2door³, die für kommunale Verkehrsbetreiber auch eine Whitelabel-Lösung anbieten, werden Sammelverkehre realisiert. Dies findet teilweise in Zusammenarbeit mit den lokalen ÖPNV-Anbietern statt. In Deutschland stehen mehrere Projekte in den Startlöchern. In Duisburg stellt die Duisburger Verkehrsgesellschaft am Wochenende zu Abend- und Nachtzeiten sowie an Sonntagen das flexible Shuttlesystem myBUS⁴ zur Verfügung. In anderen deutschen Städten werden ähnliche Mobilitätsangebote getestet. Die VW-Tochter MOIA möchte in Hamburg⁵ mit elektrischen Fahrzeugen neue urbane Mobilität erlebbar machen und die Nutzerakzeptanz testen. Ebenso fahren clevershuttle⁶ und moovel⁷ Tests in einigen deutschen Großstädten.

In Europa wird Finnland als Vorreiter in der Entwicklung neuer Mobilitätsangebote genannt. Nach dem Pilotprojekt Kutsuplus, das in Zusammenarbeit mit dem lokalen ÖPNV-Betreiber in Helsinki bereits 2012 eingeführt wurde, wird nun in drei Städten (Tampere, Turku, Oulu) der Sammelverkehr Kyyti erprobt [TASKINEN, KARVONEN, UND SALONEN 2017; KARI 2016; WECKSTRÖM ET AL. 2017]. Buchen und Bezahlen läuft im Gegensatz zu Kutsuplus über eine einzelne App; durch eine frühzeitige und damit besser planbare Fahrtanmeldung kann der Fahrpreis reduziert werden. Firmen wie Maas Global⁸ möchten Mobilität als Abo vermarkten (aktuell mit der App Whim⁹), bei der die Verkehrsmittelwahl am Ende keine Rolle mehr spielt und immer das jeweils passende Verkehrsmittel vom System aus gebucht wird. Ein Ziel ist die Obsoleszenz des privaten Pkw. Whim und Kyyti sollen in 2018 in weiteren europäischen Städten an den Markt gehen.

Eine Vorreiterrolle in Deutschland nimmt in dieser Art des Mobilitätsangebots die Stadt Hannover mit dem Angebot Hannover mobil¹⁰ ein. Im Monatspreis inbegriffen ist eine Bahncard 25, der Monatsbeitrag beim lokalen Carsharing-Anbieter und ein 20-prozentiger Rabatt auf Taxifahrten mit der lokalen Taxigesellschaft. Autonome Sammelverkehre werden durch die Alphabet-Tochter Wymo sowie u.a. durch nuTonomy in Singapur und Uber in den USA pilotiert. In Europa ist ein Shuttleverkehr in Greenwich bereits seit Ende 2016 geplant. Weiter in der Umsetzung sind die Unternehmen PostAuto mit ihrem SmartShuttle in Sion¹¹ mit einem lauffähigen Piloten und die DB mit dem Testfeld Bad Birnbach¹².

Allerdings finden all diese Pilotprojekte in Städten statt, für die der Nutzen von Sammelverkehren bereits nachgewiesen wurde. In den ländlichen Raum scheint sich momentan kein Anbieter zu trauen. Erfreulich wäre es, wenn Untersuchungen zur Umsetzbarkeit von Sammelverkehren im ländlichen Raum Anbieter ermutigen würden, diese zumindest in Pilotprojekten anzugehen.

³ door2door.io (letzter Aufruf: 30.01.2018)

⁴ dvg-duisburg.de/mybus/ (letzter Aufruf: 30.01.2018)

⁵ hamburg.de/auto-strasse-hamburg/9036454/moia/ (letzter Aufruf: 27.01.2018)

⁶ clevershuttle.org (letzter Aufruf: 30.01.2018)

⁷ moovel.com/de/de (letzter Aufruf: 30.01.2018)

⁸ maas.global (letzter Aufruf: 27.01.2018)

⁹ whimapp.com (letzter Aufruf: 04.02.2018)

¹⁰ gvh.de/mobilitaetsshop/produktuebersicht/hannovermobil/ (letzter Aufruf: 27.01.2018)

¹¹ postauto.ch/de/projekt-smartshuttle (letzter Aufruf 30.01.2018)

¹² deutschebahn.com/de/Digitalisierung/autonomes_fahren_neu/Testfeld_Bad_Birnbach.html (letzter Aufruf 20.11.2017)

2.2.4 Bedarf und Nachfrage

Meistens wird über Nachfrage als realisierter Bedarf gesprochen. Den Bedarf selbst zu ermitteln ist kaum möglich. Die Erfassung der Verkehrsnachfrage gestaltet sich oft als zu aufwendig und teuer, da extensive Haushaltsbefragungen notwendig würden.

Im ländlichen Raum beeinflussen sich geringe Verkehrsnachfrage des ÖPNV und ein geringes ÖPNV-Angebot gegenseitig. Ein auch nur annähernd kostendeckender Betrieb ist mit heutigen Linienverkehren nicht möglich. Um eine Mindestversorgung durch den ÖPNV aufrecht zu erhalten, wird meist mit der Daseinsvorsorge argumentiert.

Besonders in ländlichen Räumen, aber auch in suburbanen Bereichen mit geringer Nachfragedichte, ist das ÖPNV-Angebot in großem Maße davon abhängig, wie Schülerverkehre organisiert sind und ob wenige zusätzliche Fahrten angeboten werden. Mit dem Rückgang der Schülerzahlen wird dem ÖPNV weiter die Existenzgrundlage entzogen, da der Schülerverkehr bisher für die Grundfinanzierung der ÖV-Leistungen im ländlichen Raum unabdingbar war. Weitere Linienverkehre werden regional sehr unterschiedlich, in weiten Bereichen aber nur stark reduziert, angeboten. Einige Regionen versuchen mit flexiblen Angeboten ein Mindestmaß an Mobilität zu ermöglichen. Dies ist oft an Betriebszeiten gebunden und im Regelfall auf einzelne Kommunen beschränkt.

Zwischen ländlichen und städtischen Räumen bestehen siedlungsbedingte Unterschiede im Mobilitätsverhalten der Menschen. Das Bedürfnis nach Ortsveränderung ist aber in beiden Räumen gleich. Ergebnisse aus der Studie „Mobilität in Deutschland 2008“ [INFAS 2010] zeigen, dass der Anteil an mobilen Personen in ländlichen und verdichteten Kreisen sowie in Kernstädten jeweils etwa 90 % beträgt. Die mobilen Personen führen in den drei Kreistypen jeweils durchschnittlich 3,4 Wege pro Tag aus. Die täglichen Wegezwecke unterscheiden sich nur geringfügig voneinander. Bemerkbare Unterschiede ergeben sich vor allem in der Anzahl der zurückgelegten Kilometer pro Person und Tag, im Modal Split und in der durchschnittlichen Unterwegszeit pro Person und Tag [FOLLMER, BRAND, UND GRUSCHWITZ 2010].

Eine Person legt in einem ländlichen Kreis im Durchschnitt 42 km pro Tag zurück und ist 75 Minuten unterwegs, während in einer Kernstadt für eine durchschnittliche Tagestrecke von 36 Kilometer pro Person 84 Minuten benötigt werden. Trotz größerer Distanzen bewegen sich die Bewohner in ländlichen Räumen schneller. Dort entspricht aber die Anzahl der Wege, die mit dem ÖPNV zurückgelegt werden, etwa 1/3 dessen, was in Kernstädten nachgefragt wird. Nur 5 % der Wege im ländlichen Raum werden mit öffentlichen Verkehrsmitteln zurückgelegt, während der MIV-Anteil am Modal Split 62 % beträgt [FOLLMER, BRAND, UND GRUSCHWITZ 2010; INFAS 2010].

Tabelle 2 kann ein Vergleich des Modal Splits nach Raumtyp entnommen werden. Deutlich wird, dass der Anteil des ÖPNV im ländlichen Raum niedriger ausfällt, als in Agglomerationsräumen. Ebenso kann Bild 8 entnommen werden, dass sich die Situation von 2008 bis 2012 kaum verändert hat. Der größte Anteil der ÖPNV-Nutzer ist unter Auszubildenden, Schülern und Studierenden zu finden.

Hauptsächlich sind ÖPNV-Nutzer im ländlichen Raum „ÖV-gebundene“-Nutzer, also Personen, die keine Fahrerlaubnis oder kein eignes Fahrzeug besitzen. Sie haben nicht die Möglichkeit, ihren Mobilitätsbedarf mit einem Pkw abzudecken. Erschwerend für die Nutzung des ÖPNV kommt hinzu, dass der ÖPNV größtenteils entlang Hauptachsen zu Mittel- und Oberzentren organisiert ist. Im

ländlichen Raum wird eine Erschließung des Raums mit regulären Linienverkehren kaum ermöglicht.

Tabelle 2: Lebensphasen und Modal Split der Verkehrsmittelnutzung 2008 in Prozent [CANZLER 2016]. Die Lebensphasen sind nicht vollkommen trennscharf, Überlappungen wie bei „Zusammenlebende“ und „Erwachsenen-Haushalte“ sind möglich.

	Agglomerationsraum			Verstädterter Raum			Ländlicher Raum		
	zu Fuß, Fahrrad	per MIV	mit ÖPV	zu Fuß, Fahrrad	per MIV	mit ÖPV	zu Fuß, Fahrrad	per MIV	mit ÖPV
Alleinstehende Rentner	49	36	15	49	43	8	61	34	6
Rentner-Haushalte	39	54	7	37	59	4	34	61	4
Alleinlebende	34	55	11	32	63	5	31	66	3
Zusammenlebende	28	63	10	28	67	5	28	68	4
Erwachsenen-Haushalte	25	63	12	25	70	6	22	72	6
Haushalte mit Schulkindern	32	56	12	33	57	10	29	63	9
Haushalte mit Kleinkindern	35	59	6	34	63	3	31	65	4
Alleinerziehende	43	40	17	34	58	9	40	53	7
Studenten	47	23	31	59	27	14	34	40	26
Auszubildende, Schüler	25	32	43	43	36	21	35	34	31
Sonstige	35	54	11	32	60	8	30	65	6

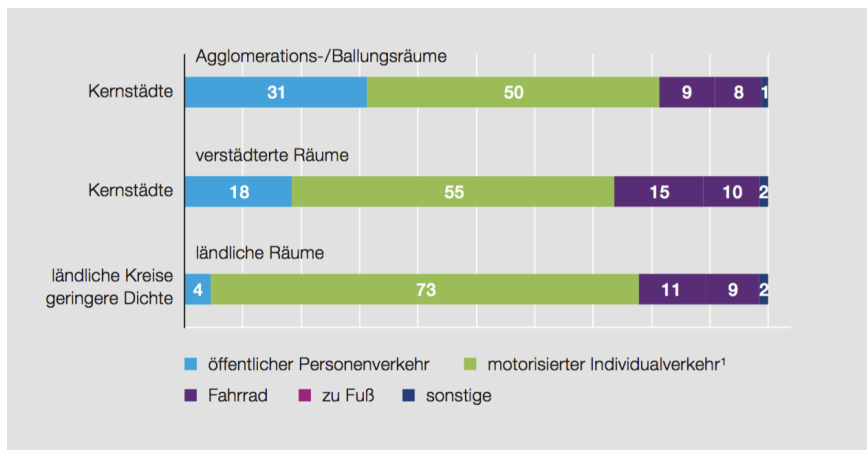


Bild 8: Verkehrsmittelwahl der Erwerbstätigen 2012 [SCHÜLLER UND WINGERTER 2016]

2.3 Diskussion Modellansatz

2.3.1 Auswahl der Modellierungsumgebung

Ziel der Modellierung ist die Bearbeitung diskreter, zeitlich verteilter Einzelereignisse (den Fahrtanfragen), die über eine Entscheidungsinstanz auf verschiedenen Fahrzeugen gebündelt werden sollen. Dabei kann jede Fahrtanfrage durch verschiedene Parameter unterschiedlich ausgeprägt sein. Die Fahrzeuge sollen in ihrer Kapazität verschieden ausfallen, und das Modell soll

die Möglichkeit bieten, die Fahrzeuge um weitere Parameter wie Komfortmerkmale, verschiedene Antriebe und, damit zusammenhängend, Reichweiten zu erweitern.

Die Abbildung der Prozesse, Fahrtanmeldung, Disposition der Fahrt und Zuweisung eines Fahrzeugs, sowie der einzelnen Fahrzeuge, spricht für einen dynamischen, agentenbasierten Modellierungsansatz. Ziel dieser Arbeit ist es nicht, eine vollständige Verkehrsflusssimulation umzusetzen. Einzig die Fahrzeuge des Sammelverkehrs sollen simuliert werden. Die Anforderung, einzelne Fahrzeuge zu betrachten und die Einschränkung, dass keine Verkehrsflusssimulation durchgeführt wird, spricht gegen den Einsatz eines makroskopischen Verkehrsmodells und für einen mikroskopischen Ansatz. Der makroskopische Ansatz wurde bereits in anderen Projekten erfolgreich eingesetzt (MEGAFON [FRIEDRICH UND HARTL 2017]). Allerdings werden hier vorab Fahrtwünsche zu Fahrten gebündelt, um erst anschließend in das makroskopische Modell einzufließen [HARTL, MAGG UND FRIEDRICH 2017].

Bestehende mikroskopische Verkehrsmodelle bieten keine Verknüpfungsmöglichkeiten zwischen frei agierenden Fahrzeugen und mehreren Passagieren, die diesen zu unterschiedlichen Zeitpunkten zugewiesen werden sollen. Ein essenzieller Bestandteil des in dieser Arbeit angestrebten Modells stellt der Disponent dar, der die Verknüpfung der Fahrtanfragen mit den Fahrzeugen übernehmen soll. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit einen eigenen Ansatz zu entwickeln, der den Fokus auf die Disposition und damit auf die Zusammenführung von Passagieren und Fahrzeugen legt. Dies spricht ebenfalls für die Umsetzung eines agentenbasierten Simulationsansatzes, um die einzelnen Elemente möglichst realitätsnah abzubilden.

AnyLogic¹³ unterstützt verschiedene Simulationsmethoden. Es stellt durch die Möglichkeit, agentenbasierte Modelle zu entwickeln eine geeignete Modellierungsumgebung dar. Darüber hinaus zeigt AnyLogic mehrere Vorteile, die die Entscheidung für AnyLogic maßgeblich beeinflusst haben: der modulare Aufbau, die umfängliche Manipulierbarkeit in Java sowie die Möglichkeit zur Implementation von OSM Kartenmaterial. Zudem ist die Modellierungsumgebung durch den Einsatz am Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik der TU Darmstadt bereits bekannt. Die Entscheidung AnyLogic als Basis für den Modellbau zu nutzen, wurde während der Bearbeitung bestärkt. Forschungsarbeiten des International Transport Forum (ITF) der Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), die agentenbasiert den Betrieb von Sammelverkehr und die Zuweisung der Fahrten mittels Disponent in Lissabon simulieren, wurden ebenfalls auf der Basis von AnyLogic erstellt. [ITF INTERNATIONAL TRANSPORT FORUM 2016; MARTINEZ, CORREIA, UND VIEGAS 2015].

Bei Abschluss dieser Arbeit steht die erste Version des PTV Maas Modellers¹⁴ am Markt zur Verfügung. Dieses Modell könnte gegebenenfalls zukünftig für ähnliche Simulationen herangezogen werden.

Die Vorbereitung der Eingangsdaten findet in Microsoft Excel statt. Darunter fällt die Extrapolation der Haushaltsbefragung hin zu einer konkreten Fahrtenliste und die Umsetzung der Batchverarbeitung sowie das Einlesen verschiedener Simulationsparameter. Die Auswertung der Simulationsergebnisse findet ebenfalls teilautomatisiert in Microsoft Excel statt.

¹³ anylogic.com (letzte Abruf: 12.02.2018)

¹⁴ ptvgroup.com/de/loesungen/produkte/ptv-maas-accelerator-program/ (letzter Aufruf: 04.02.2018)

2.3.2 Fokus auf 2030

Bis zum flächendeckenden Einsatz autonomer Fahrzeuge wird es voraussichtlich nur ein paar Jahre dauern. Daher ist es die Zielsetzung dieser Forschungsarbeit, die Umsetzung eines autonomen Sammelverkehrs in der nicht zu fernen Zukunft zu prognostizieren. Ein Zeithorizont für den viele Prognosen bestehen, ist der Zeithorizont 2030. Zusätzlich müssen durch den gewählten Zeithorizont die Auswirkungen des demografischen Wandels in den Simulationen berücksichtigt werden. Um den Vergleich zum Status Quo ziehen zu können, wird dieser ebenfalls simuliert.

Im folgenden Kapitel werden mögliche Veränderungen in Nachfrage und Angebot bis 2030 dargestellt und eingeordnet. Anschließend werden daraus Auswirkungen auf das Mobilitätssystem ÖPNV und das vorzuhaltende Angebot abgeschätzt.

3 Zukünftige Entwicklungen

3.1 Vorbemerkungen

Zunächst werden in diesem Kapitel die allgemein erwarteten Entwicklungen in Deutschland zusammengefasst. Die Entwicklungen werden den folgenden fünf Megatrends zugeordnet:

- Demografischer Wandel
- Moderates Wirtschaftswachstum
- Digitalisierung
- Änderung der persönlichen Werte und Lebensstile
- Intensivierter Umwelt- und Klimaschutz

Anschließend werden einzelne Trends für den ländlichen Raum in Deutschland, basierend auf den genannten Megatrends, in den Bereichen Verkehrsnachfrage und Verkehrsangebot dargestellt, miteinander verknüpft und diskutiert. Aus diesen Trends können schließlich Anforderungen an zukünftige Verkehrsangebote und die eingesetzten Fahrzeuge im ländlichen Raum abgeleitet werden.

Die Trends und daraus resultierende Anforderungen bilden die Grundlagen der Szenarienentwicklung in den folgenden Kapiteln. Szenarien werden ohne sogenannte Trendbrüche, wie einen Durchbruch in der Batterietechnologie, erstellt [PHLEPS, FEIGE, UND ZAPP 2015]. Trendbrüche können sich zwar deutlich auf das Verkehrsgeschehen und die Entwicklung der Mobilität auswirken, bleiben hier aber aus Gründen der Unvorhersehbarkeit und aufgrund ihrer geringen Wahrscheinlichkeit unbeachtet.

Bei den nachfolgenden Darstellungen der Trends handelt es sich um qualitative Aussagen, die eine Richtung der Entwicklung aufzeigen sollen, aber Veränderungen nicht quantitativ darstellen können. In Bild 9 sind die identifizierten Megatrends, Nachfragetrends und Angebotstrends zusammengestellt. In den folgenden Kapiteln werden diese Trends, die jeweiligen übergeordneten Megatrends und die Auswirkungen auf Nachfrage und Angebot erörtert.

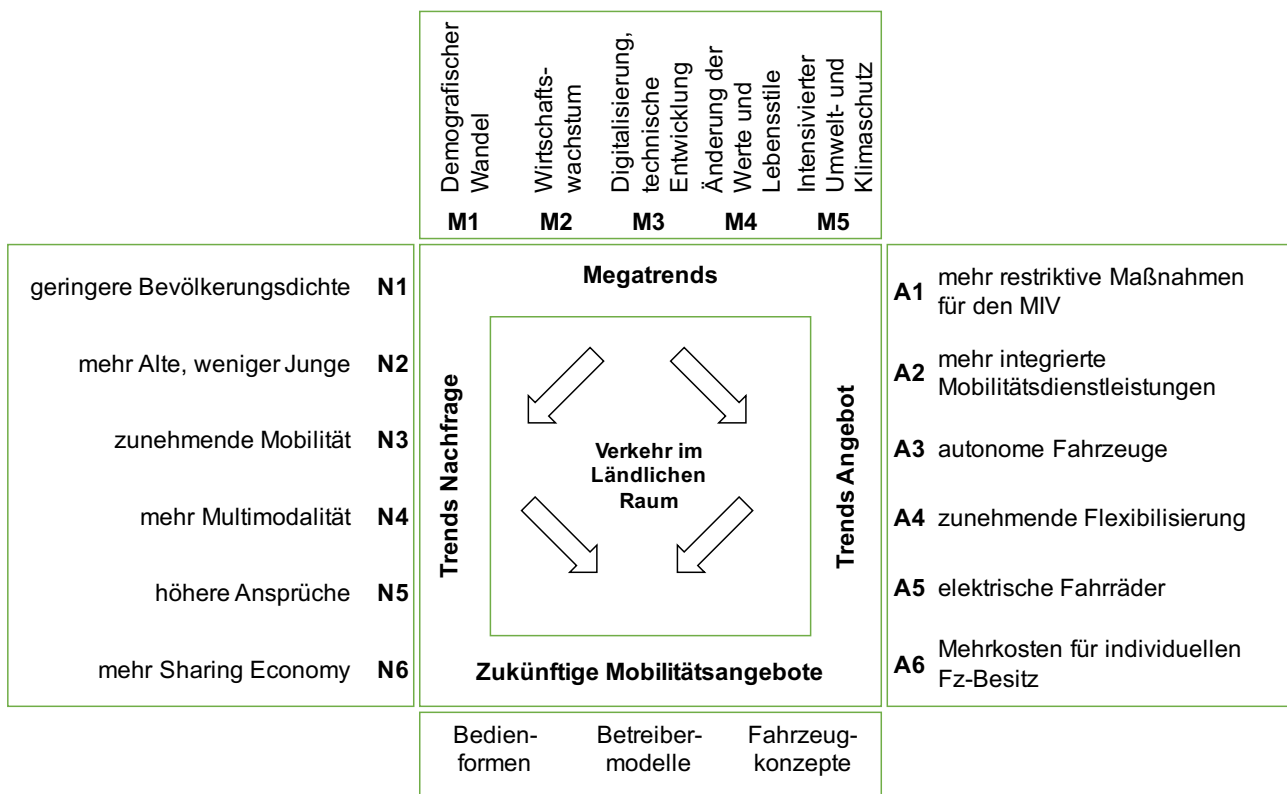


Bild 9: Trends in der Entwicklung von Verkehrsnachfrage und Verkehrsangebot (eigene Darstellung)

3.2 Megatrends

Die allgemein erwarteten Entwicklungen in Deutschland werden den folgenden fünf Megatrends zugeordnet:

- Megatrend M1: Demografischer Wandel,
- Megatrend M2: Moderates Wirtschaftswachstum,
- Megatrend M3: Digitalisierung,
- Megatrend M4: Änderung der persönlichen Werte und Lebensstile,
- Megatrend M5: Intensivierter Umwelt- und Klimaschutz.

Megatrend M1: Demografischer Wandel

Aktuelle Entwicklungen

Die demografische Entwicklung ist ein wichtiger Einflussfaktor auf die Verkehrsnachfrage. Auch wenn dies erheblich von der schwer vorhersehbaren Zuwanderung abhängt, wird in Deutschland insgesamt ein deutlicher Rückgang der Bevölkerung bis 2060 erwartet. Dies führt von derzeit 82,2 Mio. Einwohnern auch bei stärkerer Zuwanderung auf 73,1 Mio. Einwohner im Jahr 2060 [STATISTISCHES BUNDESAMT 2016B] bei schwächerer Zuwanderung auf 67,6 Mio. Einwohner [DESTATIS 2015]. Diese Gesamtentwicklung braucht jedoch eine räumlich differenzierte Betrachtung. Während besonders prosperierende Städte sogar noch einen Zuwachs haben könnten, wird der

Rückgang vor allem in den strukturschwachen Räumen stattfinden und dort neue Herausforderungen für die Versorgung der Bevölkerung und insbesondere auch für den öffentlichen Verkehr schaffen. Gleichzeitig wird sich die Altersstruktur erheblich verändern. Die Anzahl der Kinder und Jugendlichen wird deutlich zurückgehen und die Anzahl der Personen über 65 Jahre wird, auch bedingt durch die längere Lebenserwartung, deutlich zunehmen.

Mögliche gegenläufige Entwicklungen

Als mögliche gegenläufige Entwicklung zur gesamtdeutschen Bevölkerungsprognose können nur eine deutliche Zunahme der Zuwanderung und eine höhere Geburtenrate genannt werden. Beides ist momentan nicht absehbar. Selbst wenn die Zuwanderung, vor allem durch verstärkte Flüchtlingsströme, weiter zunehmen sollte, wird nicht davon ausgegangen, dass die Bevölkerung längerfristig wächst [PHLEPS, FEIGE, UND ZAPP 2015; STATISTISCHES BUNDESAMT 2016A].

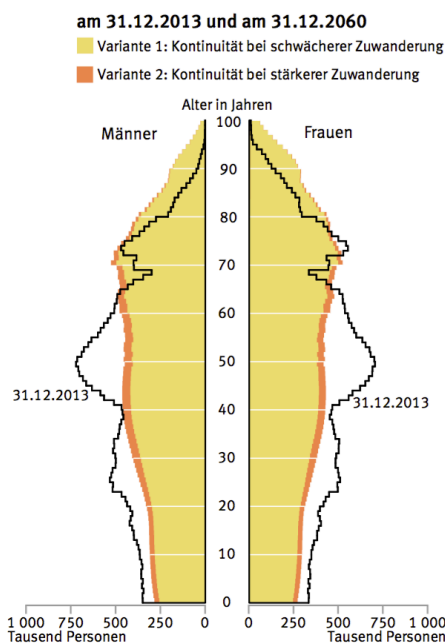


Bild 10: Altersaufbau der Bevölkerung in Deutschland mit Prognose 2060 [DESTATIS 2015]

Megatrend M2: Moderates Wirtschaftswachstum

Aktuelle Entwicklungen

In den Prognosen zur wirtschaftlichen Entwicklung gibt es zahlreiche Unsicherheiten. Zurzeit wird verbreitet von einer Zunahme im Online-Handel, einer weiteren Reduktion der Wertschöpfungstiefe in den Unternehmen und einem Zuwachs in der Güterverkehrsnachfrage ausgegangen. Der aktuelle Erfolg der deutschen Wirtschaft spricht klar für weiteres Wachstum des Bruttoinlandsprodukts, wie es beispielsweise auch im Bundesverkehrswegeplan 2030 mit im Mittel 1,14 % pro Jahr unterstellt ist (Bezugsjahr 2010) [BMVI 2016].

Mögliche gegenläufige Entwicklungen

Andererseits nähren die politischen Ereignisse der jüngsten Vergangenheit auch Zweifel daran, ob der Zusammenhalt in der Europäischen Union und die Globalisierung weiterhin eine positive Entwicklung begünstigen werden. Auswirkungen von Freihandelsabkommen, die momentan verhandelt werden, sind noch unklar [FELBERMAYR ET AL. 2013].

Weitere Trendbrüche können nur sehr schwer bis gar nicht abgeschätzt werden, da sie nicht vorhersehbar sind. So können zwar Gedankenexperimente zu den Auswirkungen eines Wachstumseinbruchs in China durchgeführt werden, wann und ob dies eintritt, ist aber unklar [PHLEPS, FEIGE, UND ZAPP 2015].

Megatrend M3: Digitalisierung, technische Entwicklung

Aktuelle Entwicklungen

Die technische Entwicklung hat immer mehr Einfluss auf unsere Gesellschaft. Nachdem das Internet und das Smartphone bereits so viel verändert haben, werden die weitere Digitalisierung und die Vernetzung zum Internet der Dinge den Wandel noch weiter beschleunigen. Die Wirkungen auf Wirtschaft und Arbeitsmarkt sind erheblich. Gerade im Verkehr hat die technische Entwicklung starke Auswirkungen. Vor allem das vollautomatische Fahren wird zu fundamentalen Veränderungen nicht nur im Verkehr, sondern auch in vielen Lebensbereichen unserer Gesellschaft führen.

Die Digitalisierung kann als *zunehmende Durchdringung aller Lebensbereiche mit digitalen Systemen und Informations- und Kommunikationstechnologien* beschrieben werden. Die Digitalisierung und weitere technische Entwicklungen werden sich massiv auf die Arbeitsteilung in der Gesellschaft auswirken [DÜLL ET AL. 2016]. Neben der zunehmenden Möglichkeit, mehr von zu Hause aus zu arbeiten, werden immer mehr Arbeitsschritte automatisiert. Die geringere Notwendigkeit, Ortsveränderungen durchführen zu müssen, wird durch Angebote des eCommerce, eGovernment und ähnlichen Ausprägungen der Digitalisierung verstärkt.

Nach Rammler [RAMMLER 2016] lassen sich in der Digitalisierung der Mobilität sechs Innovationskorridore unterscheiden: „Erstens der Einsatz von digitalen Technologien zur Automatisierung des Mobilitätsprozesses, zweitens die digitale Vernetzung von Fahrzeugen und die systemübergreifende Vernetzung der Verkehrssysteme, drittens die Integration von Navigationssystemen in die Mobilitätssysteme, viertens Informations- und Entertainmentsysteme, fünftens die Substitution, also die Vermeidung von physischem Verkehr durch die Digitalisierung der Telekommunikation und die Optimierung logistischer Prozesse, sechstens die Entstehung neuer Vertriebs-, Markt- und Marketingformen auf Basis digitaler Plattform- und Netzwerktechnologien.“

Im ÖPNV kann die Digitalisierung und technische Entwicklung deutliche Veränderungen des Angebots mit sich bringen; von integrierten Mobilitätsdienstleistungen über flexible Bedienformen bis hin zu autonomen Fahrzeugen [ACKERMANN UND RÖHRLEEF 2016].

Mögliche gegenläufige Entwicklungen

Die Digitalisierung bringt auch Probleme mit sich. So werden Datenschutz und Datensicherheit immer relevantere Themen, die die Geschwindigkeit der technischen Entwicklung mitunter

reduzieren können. Gegebenenfalls könnten auch Probleme mit der Sicherheit kritischer Infrastrukturen den Fortschritt der Digitalisierung verlangsamen. Aufzuhalten ist diese Entwicklung jedoch nicht.

In einer gesellschaftlichen Gegenbewegung werden voraussichtlich das Handwerk und handwerklich hergestellte Waren und Nahrungsmittel einen Aufschwung erfahren, der heute bereits seinen Anfang gefunden hat [SHAHEEN, STOCKER, UND BHATTACHARYYA 2016].

Megatrend M4: Änderung der persönlichen Werte und Lebensstile

Aktuelle Entwicklungen

Mit geprägt durch die anderen Megatrends wird es zu erheblichen Veränderungen von Lebensstilen und Werten kommen. Beispielsweise wird es – nicht zuletzt durch den demografischen Wandel und die höhere Lebenserwartung – zu einem größeren Anteil kleinerer Haushalte kommen. Weitere wichtige Einflüsse auf die Lebensstile kommen aus der technologischen Entwicklung, wie im Bereich der sozialen Netzwerke. Zu den wichtigsten Werten der Deutschen zählt nach aktuellen Studien die Gesundheit. Nachdem die Gesundheit 2009 noch Rang 4 unter den Top-Ten der Werte einnahm, hat sie seit 2014 den Spitzenplatz inne [BOLTZE ET AL. 2016].

Zu den geänderten Werten bezüglich Gesundheit und Umweltschutz gehört auch, dass nachhaltige Formen der Beförderung an Beliebtheit zunehmen [NOBIS 2006]. Bereits heute nimmt die Anzahl der Wege zu, die mit dem Fahrrad oder dem ÖPNV zurückgelegt werden [MIDDELBERG 2016].

Durch eine intensivere Nutzung der digitalen sozialen Netzwerke verlagert sich die Nachfrage nach Mobilität. Einerseits werden viele soziale Kontakte digital, ohne Wege zurückzulegen, aufrecht gehalten, andererseits sind Freundes- und Bekanntenkreise großräumiger verteilt und können so zu einer erhöhten Nachfrage längerer Wege führen. Ansprüche an Mobilität und Warenverfügbarkeit verändern sich. So wachsen die Ansprüche und eine individualisierte Bedienung/Belieferung wird zunehmend vorausgesetzt [BOLTZE ET AL. 2016].

Mögliche gegenläufige Entwicklungen

Gegenläufige Tendenzen sind kaum auszumachen. Generationenübergreifendes Zusammenleben außerhalb der Familie stellt einen kleinen Gegenpol zur Zunahme der Ein-Personen-Haushalte dar. Allerdings ist dieser Punkt nicht sehr stark ausgeprägt.

Megatrend M5: Intensivierter Umwelt- und Klimaschutz

Aktuelle Entwicklungen

Durch das steigende Gesundheitsbewusstsein wird auch die Forderung nach einem wirksamen Umwelt- und Klimaschutz verstärkt. Zwar gibt es bisher mangels unmittelbarer Betroffenheit an vielen Stellen noch zu wenig Motivation, Maßnahmen allein aus Gründen des Klimaschutzes zu ergreifen [GROER 2015]. Aber es wird durch mehr Bewusstsein für die Gesundheitsfolgen der Luftverschmutzung dazu kommen, dass die Bereitschaft für Investitionen und auch restriktive Maßnahmen zur Minderung der Belastungen steigt. Viele Maßnahmen zur Luftreinhaltung werden zugleich einen Beitrag zum Klimaschutz liefern.

Klima- und Umweltschutz finden sich in allen maßgebenden Prognosen der zukünftigen Randbedingungen zum Verkehrsgeschehen [BMVI 2016]. Eine Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Zunahme des Verkehrs wird angestrebt [BMBF 2015]. Forderungen nach stärkerem Lärmschutz und Reduktion der Emissionen in Städten werden verschärfte Grenzwerte mit sich bringen, die unter anderem auch Auswirkungen auf den Fahrzeugbesitz und die Fahrzeugnutzung in Städten haben. Eine Veränderung städtischer Verkehrsstrukturen wird sich wiederum auch auf den ländlichen Raum auswirken. Sollte eine Verdichtung der Stadt umgesetzt werden, wobei der Parkdruck deutlich zunehmen wird und weniger Parkplätze zur Verfügung stehen werden, kann davon ausgegangen werden, dass eine Verlagerung auf den ÖPNV stattfindet, auch um vom Land in die Stadt zu gelangen.

Mögliche gegenläufige Entwicklungen

Als gegenläufige Entwicklung kann heute nur eine mögliche politische Argumentation gesehen werden, welche die Wirtschaftsförderung und einen Erhalt von Arbeitsplätzen propagiert unter Missachtung der Notwendigkeit, gegen den Klimawandel vorzugehen.

3.3 Zukünftiger Mobilitätsbedarf

Basierend auf den genannten Megatrends werden Trends zum Mobilitätsbedarf im ländlichen Raum in Deutschland abgeleitet und erläutert. Auswirkungen, die aus möglichen Änderungen im Angebot resultieren, werden dabei mit betrachtet.

Einzelne Trends können jedoch durchaus gegensätzliche Auswirkungen auf die Gestaltung zukünftiger Mobilitätsangebote mit sich bringen, die sofern absehbar, auch angesprochen werden.

Zum zukünftigen Mobilitätsbedarf ergeben sich folgende Trends:

- Trend N1: Geringere Bevölkerungsdichte im ländlichen Raum,
- Trend N2: Mehr Alte, weniger Junge,
- Trend N3: Zunehmende Mobilität,
- Trend N4: Mehr Multimodalität,
- Trend N5: Höhere Ansprüche,
- Trend N6: Mehr Sharing Economy.

Trend N1: Geringere Bevölkerungsdichte im ländlichen Raum

Relevante Megatrends

- Demografischer Wandel **M1** und Änderung der Werte und Lebensstile **M4**.

Aktuelle Entwicklungen

- **Entwicklung der Gesamtbevölkerung:** Für Deutschland ist eine Abnahme der Bevölkerung von heute 82 Millionen auf 78 Millionen in 2030 prognostiziert [BMVI 2016]. Bis zum Jahr 2060 ist eine weitere Abnahme auf 67 bis 73 Millionen je nach Entwicklungsszenario prognostiziert. Die Unterschiede liegen hauptsächlich in einer schwer vorhersehbaren Entwicklung der Zuwanderung [DESTATIS 2015].
- **Wanderung Ost – West:** Deutschlandweit sind die ländlichen Räume sehr unterschiedlich vom Bevölkerungsrückgang betroffen. Sehr deutlich schrumpfen vor allem ländliche Räume im Osten Deutschlands. Regionen, in denen Bevölkerung und Beschäftigung wachsen und künftig wachsen werden, finden sich ausschließlich im Westen [KRÖHNERT, MORGENSTERN, UND KLINGHOLZ 2007]. Seit 1998 findet eine (zweite) Wanderungswelle von Ost nach West statt, die seit 2001 allerdings wieder leicht abnimmt. Es bleibt aber weiterhin bei einer Abwanderung aus dem ländlichen Raum [GROBECKER, PÖTZSCH UND SOMMER 2016].
- **Wanderung Land – Stadt:** Als Herausforderung für den ländlichen Raum kommt hinzu, dass neben den genannten Wanderungsbewegungen auch ein Abzug aus dem ländlichen Raum und Zuzug in urbane Räume stattfindet [SPELLERBERG 2016; GROBECKER, PÖTZSCH UND SOMMER 2016, SHELL 2014]. Gerade ländliche Räume, die keine Nähe zu Agglomerationsräumen aufweisen, sind vom demografischen Wandel zunehmend bedroht [CHILLA, MORHART, UND BRAUN 2008]. Der ADAC spricht in seinen Publikationen von einer deutlichen Abwanderung qualifizierter Arbeitskräfte in Ballungsgebiete [LABERER UND WINKLER 2016].

- **Kaum Bündelungspotenzial:** Davon ausgehend, dass die Daseinsvorsorge auch weiterhin Bestand hat, müssen Mobilitätsangebote für immer weniger Personen vorgehalten werden. Eine Möglichkeit zur Bündelung ist im ländlichen Raum bei niedriger, weit gestreuter Nachfrage kaum gegeben.
- In Bild 11 ist die **Bevölkerungsentwicklung nach Räumen** für Deutschland bis 2030 dargestellt. Eindeutig erkennbar ist der prognostizierte Rückgang der Bevölkerung.

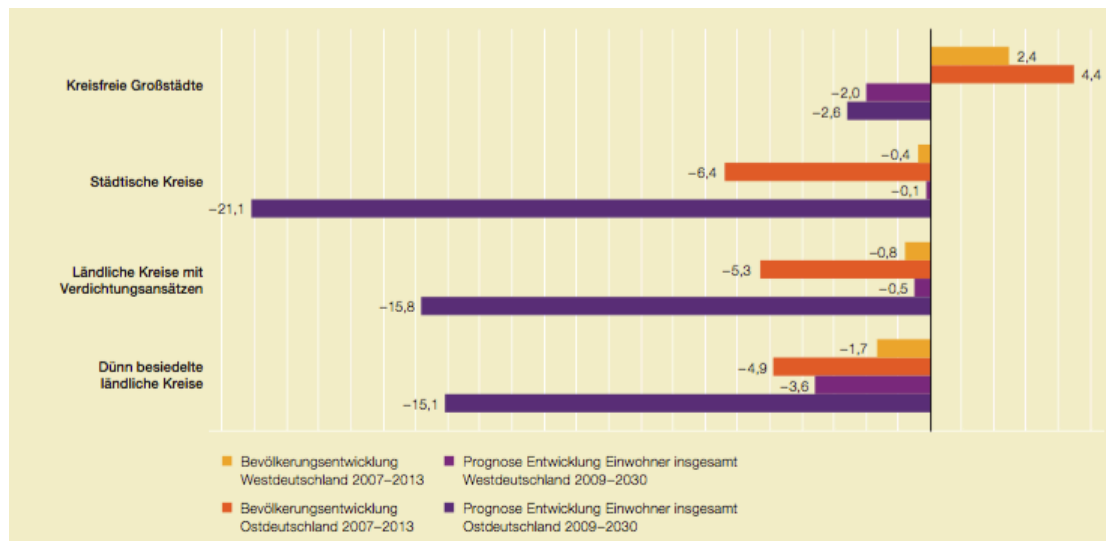


Bild 11: Bevölkerungsentwicklung Stadt-Land bis 2030 [SPELLERBERG 2016]

Mögliche gegenläufige Entwicklungen

- **Höhere Kosten für das Wohnen in Städten:** Viele Einwohner können und wollen sich bei steigenden Preisen keine Wohnung in einer Stadt leisten, wodurch Wohnen in ländlichen Räumen mit Anschluss an urbane Regionen an Attraktivität gewinnen kann [EINEM 2016].
- **Fortschritt in Automatisierung und Telearbeit:** Voraussichtlich wird zukünftig in weit stärkerem Maße als heute von zu Hause aus gearbeitet werden. Weniger Fahrten zu einem physischen Arbeitsplatz würden benötigt, wodurch weiter voneinander entferntes Wohnen und Arbeiten an Attraktivität gewinnen könnte.

Darüber hinaus wird Arbeit zunehmend automatisiert werden. Dies betrifft mittlerweile nicht nur monotone mechanische Aufgaben, sondern auch immer mehr kreative Leistungen, wie zum Beispiel die Sportberichterstattung. Nach Frey besteht in den USA bei 47 % der heutigen Jobs eine akute Gefahr, dass diese von Maschinen übernommen werden [FREY UND OSBORNE 2013]. Die US-amerikanische Administration bereitet sich bereits auf deutliche, von der Digitalisierung getriebene, Veränderungen auf dem Arbeitsmarkt vor [EXECUTIVE OFFICE OF THE PRESIDENT 2016]. Unter der Annahme, dass Arbeiten zunehmend von Maschinen ausgeführt werden und die Notwendigkeit, zum Arbeiten/zur Arbeitsstelle in eine Stadt zu fahren, wegfällt, könnte der ländliche Raum eine Renaissance erleben als Ort des günstigen und gesunden Wohnens. Allerdings ist dies stark abhängig vom flächendeckenden Breitbandausbau in Deutschland, ohne den unter anderem Telearbeit nur begrenzt möglich ist.

- **Geringere Notwendigkeit, zur Arbeit zu fahren:** Generell kann eine geringere Notwendigkeit angenommen werden, zur Arbeit in die Stadt zu fahren. Ob dies an geänderten Erwerbsbiografien

oder an einer Reduktion der Arbeit liegt, ist dabei zunächst unerheblich. Der ländliche Raum könnte damit an Attraktivität gewinnen.

- **Einführung autonomer Fahrzeuge:** Die Nutzung autonomer Fahrzeuge kann das tägliche Pendeln zum Arbeitsplatz deutlich beeinflussen. Wenn weniger Aufmerksamkeit für die tägliche Fahrt zur Arbeit aufgebracht werden muss und die Zeit anderweitig genutzt werden kann, können ländliche Räume an Attraktivität gewinnen.
- **Anstieg der Zuwanderung:** Eine Zunahme der Zuwanderung könnte sich auf die Bevölkerungsdichte nicht nur in der Stadt, sondern auch im ländlichen Raum auswirken. Allerdings gehen aktuelle Prognosen nicht davon aus, dass die Zuwanderung die Bevölkerungsabnahme umkehren wird. Möglicherweise könnte sich dies mit wiederholt auftretenden Flüchtlingswellen anders gestalten. Die Unterbringung von Flüchtlingen im ländlichen Raum stellt gerade durch den vorhandenen, leer stehenden Wohnraum eine Lösung dar [AKADEMIE FÜR RAUMFORSCHUNG UND LANDESPLANUNG 2016A].

Auswirkungen auf die Gestaltung zukünftiger Angebote

- **Schwierige Finanzierungslage für den ÖPNV:** Im ländlichen Raum wird es zunehmend schwieriger, liniengebundene Verkehre zu finanzieren. Die Anzahl der Nutzer nimmt ab, und gerade bei flexiblen Bedienformen steigen die Kosten überproportional durch kleine Fahrzeuge und der daraus folgenden höheren Anzahl an Fahrzeugen und Fahrern. Mit dem Argument der Daseinsvorsorge besteht die Verpflichtung, Mobilität zur Verfügung zu stellen [RIED 2016; KAETHER, DEHNE, UND NEUBAUER 2016]. Diese muss aber für eine relativ geringe Anzahl an Personen vorgehalten werden.
- **Kaum Bündelungspotenzial:** Davon ausgehend, dass die Daseinsvorsorge auch weiterhin Bestand hat, muss Mobilität für immer weniger Personen vorgehalten werden. Eine Möglichkeit zur Bündelung ist im ländlichen Raum bei differenzierter Nachfrage kaum gegeben.

Trend N2: Mehr Alte, weniger Junge

Relevante Megatrends

- Demografischer Wandel **M1** und Änderung der Werte und Lebensstile **M4**.

Aktuelle Entwicklungen

- **Erwartete Entwicklung der Alterspyramide:** In Deutschland führen der demografische Wandel sowie Zu- und Abwanderungen (meist von jungen Menschen) dazu, dass sich die Alterspyramide deutlich verändert. Die Gruppe der Kinder und Jugendlichen schrumpft, wobei die Gruppe der Personen im Rentenalter wächst. Der Anteil der Erwerbstätigen verändert sich zurzeit wenig [CRÖßMANN UND SCHÜLLER 2016]. Der Trend einer zunehmenden Alterung der Bevölkerung kann auch durch die aktuell hohe Zuwanderung nicht aufgehalten werden [STATISTISCHES BUNDESAMT 2016A]. Bild 12 zeigt den Altersaufbau der Bevölkerung mit dem Prognosehorizont 2060 [DESTATIS 2015].

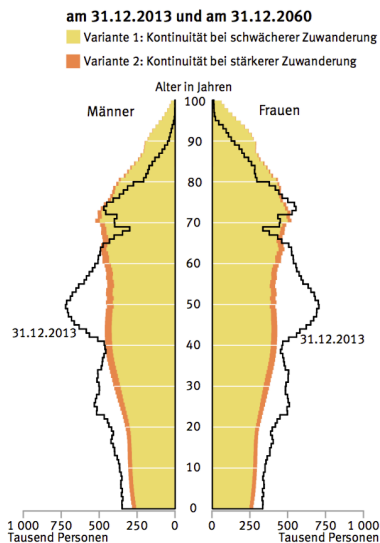


Bild 12: Altersaufbau der Bevölkerung in Deutschland mit Prognose 2060 [DESTATIS 2015]

- **Rückläufige Geburtenzahl:** Eine rückläufige Geburtenzahl und das Altern der sehr starken Jahrgänge führen zu deutlichen Veränderungen der Altersstruktur der Bevölkerung. Von einer Pyramidenform der Bevölkerungspyramide kann schon lange nicht mehr gesprochen werden. Die mittleren Altersklassen sind sehr stark besetzt und verschieben sich bis 2060 in der Grafik weiter nach oben. Eine deutliche Verschiebung in der Relation der Altersgruppen ist die Folge. Bis 2060 wird sich der Anteil der unter 20-jährigen auf ca. 16 % verringern [GROBECKER, PÖTZSCH, UND SOMMER 2016; DESTATIS 2015].
- **Abwanderung der Jungen:** Die Wanderungsbewegung vom Land in die Stadt betrifft vor allem Jüngere. Arbeitsplätze sind in der Stadt eher zu finden als im ländlichen Raum [STATISTISCHES BUNDESAMT 2016B; CHILLA, MORHART, UND BRAUN 2008].
- **Verändertes Selbstverständnis, dauerhaft mobil zu sein:** Zunehmend ist es für die älteren Generationen selbstverständlich, bis ins hohe Alter eigenständig mobil zu sein. Gerade im ländlichen Raum kann dieses Mobilitätsbedürfnis heutzutage oft nur durch das eigene Fahrzeug befriedigt werden. Das Angebot der Versorgung mit öffentlichen Verkehrsmitteln ist sehr gering. Der Rückgriff auf Familienmitglieder oder Nachbarn kann nur bedingt als Ersatz genutzt werden. Mit zunehmendem Alter muss zudem die Frage der Fahrtüchtigkeit gestellt werden. Autonome Fahrzeuge könnten die Mobilität Älterer besonders im ländlichen Raum deutlich verbessern.

Mögliche gegenläufige Entwicklungen

- Gesamtgesellschaftlich wird sich dieser Trend weiter fortsetzen. Eine gegenteilige Entwicklung ist nicht in Sicht. Im ländlichen Raum könnte sich die Geschwindigkeit der Veränderung verringern, sollten vermehrt Junge den günstigen Wohnraum im ländlichen Raum nutzen, um aus den Städten heraus zu ziehen.

Auswirkungen auf die Gestaltung zukünftiger Angebote

- **Anteil Krankenfahrten wächst:** Durch einen erhöhten Anteil älterer Menschen in der Bevölkerung wird der Anteil an Krankenfahrten und Besuchsfahrten deutlich zunehmen. Die zurückzulegende Entfernung bei Krankenfahrten wird zunehmen, da mit abnehmender Bevölkerungsdichte auch die Anzahl der Ärzte im ländlichen Raum zurückgehen wird.
- **Gleichmäßigere Verteilung der Nachfrage:** Die Nachfrage wird sich voraussichtlich gleichmäßiger über den Tag verteilen und die typischen Morgen- und Abendspitzen im Berufsverkehr werden sich im ländlichen Raum weniger stark ausgeprägt darstellen.
- **Geringeres Bündelungspotenzial:** Die gleichmäßigere Verteilung der Nachfrage wird zu einem weiter reduzierten Bündelungspotenzial von Fahrten führen.
- **Angebote müssen einfach zu nutzen sein:** Mit zunehmendem Alter der Bevölkerung wird auch die Nachfrage nach Komfort weiter steigen (siehe Trend **N5**). Alte Menschen werden zwar immer technikaffiner, eine einfache Bedienung sollte trotzdem gegeben sein, um die Nutzung zu erleichtern und die Bereitschaft zur Nutzung zu erhöhen. Es wird zunehmend wichtiger, Angebote selbsterklärend zu gestalten, so dass sie einfach zu nutzen und Fehler möglichst ausgeschlossen sind.
- **Hochwertige Angebote notwendig:** Heutige alte Menschen sind es gewohnt, mit dem eigenen Fahrzeug mobil zu sein. Ohne adäquaten Ersatz, zum Beispiel durch öffentlich verfügbare autonome Fahrzeuge, wird es schwer bis unmöglich, die Nachfrage nach Mobilität unter wirtschaftlichen Aspekten abdecken zu können.

Trend N3: Zunehmende Mobilität

Relevante Megatrends

- Digitalisierung/technische Entwicklung **M3**, Änderung der Werte und Lebensstile **M4** und Demografischer Wandel **M1** und moderates Wirtschaftswachstum **M2**.
- Zusätzlich: mehr integrierte Mobilitätsdienstleistungen siehe **A2** und autonome Fahrzeuge **A3**.

Aktuelle Entwicklungen

- **Zunahme der Nachfrage:** Der Bundesverkehrswegeplan weist eine kräftige Zunahme der gesamtdeutschen Verkehrsleistung (Pkm) um 12,2 % bis 2030 im Vergleich zu 2010 im Personenverkehr aus [BMVI 2016]. Im Güterverkehr kann mit einer Zunahme von 38 % Tonnenkilometern (tkm) gerechnet werden [BMVI 2016].
- **Veränderung der persönlichen Mobilitätskennziffern:** Die Anzahl der Wege pro Tag wird sich voraussichtlich leicht reduzieren. Die zurückgelegten Strecken hingegen nehmen zu. Alte Menschen legen zunehmend kürzere Strecken je Tag zurück als Junge, wobei alte Menschen mehr Wege zurücklegen [CANZLER 2016; WEIß 2016; DESTATIS 2015; GROBECKER, PÖTZSCH, UND SOMMER 2016; ESTER 2016].
- **Mehr Nutzung digitaler Services und digitaler sozialer Netzwerke:** Die Digitalisierung und veränderte Werte und Lebensstile werden zu einer verstärkten Nutzung von eCommerce,

eGovernment und Ähnlichem führen. Während sich die zunehmende Digitalisierung voraussichtlich mindernd auf das Personenverkehrsaufkommen auswirkt, kann mit einer hieraus begründeten Zunahme des Güterverkehrs gerechnet werden. Wie sich die verstärkte Nutzung digitaler sozialer Netzwerke auf die Personenmobilität auswirkt, ist noch nicht geklärt.

- **Zunahme des Verkehrs keine rein nationale Entwicklung:** Die Zunahme des Verkehrs ist kein auf Deutschland beschränkter Trend. Auch in der Schweiz ist eine deutliche Zunahme des Verkehrs bis 2040 prognostiziert [JUSTEN ET AL. 2016]. So wird in einzelnen Szenarien von einem Zuwachs des Personenverkehrs von 26 % bis 2040 in der Kilometerleistung ausgegangen. Teilweise wird von Zunahmen je Region von 30 % bis 50 % ausgegangen [KÜCHLER UND RINDLISBACHER 2016]. Der Güterverkehr würde 37 % an Tonnenkilometern zulegen.

Mögliche gegenläufige Entwicklungen

- **Intensivierte Umwelt- und Klimaschutzgesetzgebung:** Dieser Megatrend (**M5**) könnte emissionsreiche Mobilität einschränken. Dies würde aber aller Voraussicht nach zu einer Veränderung der gewählten Modi oder der genutzten Antriebstechnologien führen und nicht zu einer Abnahme der Mobilität.
- **Zunahme Altersarmut:** In den nächsten Jahren ist mit einer Zunahme der Altersarmut zu rechnen. Teilweise ist dies auf gebrochene Erwerbsbiografien zurückzuführen [BERTELSMANN STIFTUNG 2015]. Eine Auswirkung auf die Mobilitätsnachfrage von durch Altersarmut Betroffenen ist sehr wahrscheinlich. Eine Reduktion der Wege und zurückzulegenden Entfernungen ist stark abhängig von den anfallenden Kosten für den Nutzer.
- **Schwächelnde Wirtschaft:** Nicht alle Zukunftsszenarien gehen von steigendem Güterverkehrsaufkommen aus. In einer Phase einer schwächelnden Wirtschaft wird auch der Umfang des nachgefragten Güterverkehrs abnehmen [SHELL 2014].

Auswirkungen auf die Gestaltung zukünftiger Angebote

- Im ländlichen Raum wird mit einer **moderaten Zunahme im Personenverkehr** gerechnet werden müssen; hier vor allem mit einer Zunahme der kürzeren Wege pro Person.
- Eine deutliche **Zunahme kann in der Nachfrage nach kleinteiligem Stückguttransport** erwartet werden. Hier müssen Lösungen gesucht werden, um die Zustellung der Sendungen zu vereinfachen und unnötige Fahrten zu reduzieren. Eine Kombination aus Personenbeförderung und Gütertransport ist denkbar. Fahrzeuge müssten speziell dazu entworfen werden. Bei kombinierten Verkehren erscheint es notwendig, den Vorrang auf die Personenbeförderung zu legen.

Trend N4: Mehr Multimodalität

Relevante Megatrends

- Digitalisierung/technische Entwicklung **M3**, Änderung der Werte und Lebensstile **M4** und Demografischer Wandel **M1** sowie moderates Wirtschaftswachstum **M2**.
- Zusätzlich: mehr integrierte Mobilitätsdienstleistungen **A2** und autonome Fahrzeuge **A3**.

Aktuelle Entwicklungen

- **Auswahl des Verkehrsmittels nach Situation:** Die Möglichkeit der Verkehrsmittelwahl je nach Situation und Nutzung wird auch als Multimodalität bezeichnet. Im Gegensatz zu einer Zunahme der Multimodalität wird bei der Intermodalität, das Zurücklegen *eines* Weges mit verschiedenen Verkehrsmitteln, eine Reduktion erwartet (siehe Nachfragetrend höhere Ansprüche N5).
- **Wechselnde Nutzung verschiedener Verkehrsmittel:** In einigen Zukunftsszenarien wird davon ausgegangen, dass die Multimodalität zunimmt und dadurch zu einem ausgewogeneren Modal Split führt [PHLEPS, FEIGE, UND ZAPP 2015]. Speziell junge Erwachsene (Altersgruppe 18 bis 29 Jahre) weisen eine reduzierte Pkw-Nutzung auf, was einerseits an einer geringeren Rate des Fahrzeugbesitzes liegt, andererseits an zunehmender Multimodalität [KUHNIMHOF ET AL. 2012]. Dies trifft besonders auf junge Männer zu. Die älteren Generationen weisen weiterhin eine Zunahme im Bereich des Fahrzeugbesitzes auf.
- **Sozioökonomische Differenzen:** Multimodale Mobilitätsoptionen werden hauptsächlich von wohlhabenden Personen in Betracht gezogen. Mit Blick auf Studien zur Mobilitätsarmut lässt sich schlussfolgern, dass multimodale Mobilitätsoptionen entlang sozioökonomischer Faktoren wie Einkommen und Bildung entschieden werden [GROTH 2016]. Multimodalität ist nur für diejenigen eine Option, die sich die Wahlfreiheit leisten können.
- **Softwaregestützte Auswahl der Verkehrsmittel:** Zunehmend können Mobilitätsoptionen online über Mobilitätsdienstleister gebucht werden, die mehrere Angebote aggregieren. Durch eine weite Verbreitung von Smartphones und immerwährende Verfügbarkeit des Internets können Mobilitätsoptionen spontan verglichen und gebucht werden. Es ist davon auszugehen, dass Mobilitätsdienstleister weitere Angebote aggregieren und eine für die Situation optimale Auswahl der Mobilitätsoptionen getroffen werden kann [GERNY 2016].
- **Erweiterte Angebote durch Sharing und autonomes Fahren:** Die Anzahl der Optionen wird durch einen Ausbau der Sharing-Angebote und die Einführung autonomer Fahrzeuge weiter zunehmen [SHAHEEN, STOCKER, UND BHATTACHARYYA 2016].

Mögliche gegenläufige Entwicklungen

- **Abhängigkeit vom Angebot:** Die Entwicklung der Nachfrage wird weiterhin sehr stark Angebotsabhängig verlaufen. Nicht zur Verfügung stehende Mobilitätsoptionen können auch nicht von Verkehrsteilnehmern genutzt werden.
- **Alltagsmobilität ist Routine:** Alltagsmobilität ist von routinemäßigem Handeln geprägt. Festgefahrene Gewohnheiten werden meist nur in besonderen Situationen, zum Beispiel einem Wohnortwechsel, hinterfragt [VCÖ 2015].

- **Reduktion des ÖV:** Eine weitere Reduktion öffentlicher Verkehre im ländlichen Raum und damit eine Reduktion der Mobilitätsoptionen würde die Abhängigkeit von einem eigenen Pkw erhöhen und zu einem monomodalen Mobilitätsverhalten führen. Momentan nicht absehbar ist eine Rückbesinnung auf Eigentum und die Nutzung von Verkehrsmitteln im eigenen Besitz (siehe Nachfragetrend N6).

Auswirkungen auf die Gestaltung zukünftiger Angebote

- **Mehr situationsabhängiger Wettbewerb:** Eine zunehmende Flexibilität, Verkehrsmittel je nach Situation auszuwählen, kann zu mehr Wettbewerb zwischen den einzelnen Anbietern führen. Soweit keine Regulierung des Marktes stattfindet, kann bei einer Einführung autonomer Fahrzeuge von einer Zunahme der Konkurrenz unter den Anbietern ausgegangen werden. Neue Anbieter werden versuchen, sich mit neuen Angeboten auf dem Markt zu etablieren.
- **Passende oder anpassbare Angebote und Fahrzeuge müssen vorgehalten werden:** Um ein nachfrageorientiertes Angebot bieten zu können, werden verschiedenen Fahrzeugtypen vorgehalten werden müssen, die je nach Situation eingesetzt oder angepasst werden können.

Trend N5: Höhere Ansprüche

Relevante Megatrends

- Demografischer Wandel **M1**, Änderung der Werte und Lebensstile **M4** und intensivierter Umwelt- und Klimaschutz **M5**.
- Eine Veränderung in der Altersstruktur der Gesellschaft und veränderte Werte und Lebensstile führen zu höheren Ansprüchen in diversen Bereichen.

Aktuelle Entwicklungen

- **Höhere Ansprüche an räumliche und zeitliche Verfügbarkeit:** Mit einer Zunahme der Angebote, nicht nur im Mobilitätssektor, steigt der Anspruch, immer und überall relativ kurzfristig, auf Waren und Dienstleistungen zugreifen zu können. Durch die Ubiquität von Smartphones und einer dauerhaften Verfügbarkeit des Internets wandert das Buchen einer einzelnen, gegebenenfalls spontanen Fahrt in die „Handfläche“. Die Verfügbarkeit von Mobilitätsoptionen und damit der Zugang zum jeweiligen Verkehrsmittel ist dadurch deutlich erhöht [WEIß 2016].
- **Höhere Ansprüche an Fahrzeug- und Haltestellenkomfort:** Durch eine zunehmend alternde Bevölkerung spielt der Komfort im Personenverkehr eine immer wichtigere Rolle. Komfortmerkmale wie WLAN an Haltestellen und in Fahrzeugen, altengerechte Warte- und Einstiegsmöglichkeiten sowie eine deutlichere Forderung nach bequemen Sitzen ist absehbar.
- **Stärkere Präferenz für direkte Verbindungen:** Komfort besteht auch darin, möglichst umsteigefreie Verbindungen zu nutzen. Viele Reisende nehmen einen kleinen Zeitverlust in Kauf, um Umsteigesituationen zu vermeiden. Eine Reduktion der Umstiege erhöht die Wahrscheinlichkeit, pünktlich am Ziel anzukommen, ohne Anschlussverbindungen zu verpassen [RÜGER 2005].

- **Stärkerer Wunsch nach Wahrung der Privatsphäre:** Privatsphäre spielt eine immer wichtigere Rolle. Viele Reisende finden sich notgedrungen damit ab, im öffentlichen Verkehr mit Unbekannten gemeinsam befördert zu werden, präferieren dies jedoch nicht [PHLEPS, FEIGE, UND ZAPP 2015].
- **Höhere Ansprüche an Sicherheit:** Nutzer wollen sich sicher fühlen [NAUMANN 2002; LÜBBE 1997]. Subjektive Sicherheit ist für die Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln unbedingt notwendig. Im ländlichen Raum zählen momentan zu den größten Unsicherheitsfaktoren unzureichende Infrastruktur und störende soziale Gruppen [HEMPEL ET AL. 2011].
- **Schnelle Warenverfügbarkeit:** Wie auch bei Mobilitätsdienstleistungen, wird bei der Bestellung von Waren auf eine schnelle Verfügbarkeit Wert gelegt [HOPPE UND PALM 2016].

Mögliche gegenläufige Entwicklungen

- **Flexible/multimodale Angebote zu teuer:** Sollten sich flexible und multimodale Angebote als zu teuer erweisen, wird die Nachfrage ausbleiben, um diese Angebote wirtschaftlich betreiben zu können. Multimodale Angebote werden vor allem von Personen mit ausreichendem Einkommen genutzt. Eine Spaltung der Gesellschaft in Menschen, die sich Mobilität leisten können und Menschen, die dies nicht können, zeigt sich bereits in Ansätzen. Ein fehlender Zugang zu flexiblen Angeboten durch fehlende Smartphones kann diese „multimodal divide“ nur verschärfen, [GROTH 2016, BERTELSMANN STIFTUNG 2015].
- **Zunahme der Altersarmut:** Eine Zunahme der Altersarmut könnte dazu führen, dass sich immer weniger alte Menschen Mobilität leisten können.
- **Angebote müssen mit privaten Pkw konkurrieren:** Eingefahrene Nutzungsgewohnheiten müssen gebrochen werden, wenn sich flexible Angebote im öffentlichen Verkehr durchsetzen sollen. Hierbei ist immer der Vergleich mit dem eigenen Pkw zu ziehen, der einer großen Nutzerbasis zur Verfügung steht. Der eigene Pkw bietet ein hohes Maß an Privatsphäre und gerade bei vorhandenem Pkw spielen gegebenenfalls höhere Kosten je ÖV-Weg eine große Rolle bei der Verkehrsmittelwahl [PHLEPS, FEIGE, UND ZAPP 2015; AUTOScout 2015].

Auswirkungen auf die Gestaltung zukünftiger Angebote

- Zum Befriedigen der gestiegenen Ansprüche werden **individuelle, flexible Angebote** benötigt, die rund um die Uhr zur Verfügung stehen und in vielen Fällen eine Tür-zu-Tür Beförderung ermöglichen.
- **Neue Fahrzeugkonzepte**, deren Fokus auf mehr Komfort und einer erhöhten Privatsphäre liegt, können sich positiv auf die Nachfrage auswirken.
- Um den Modal Split hin zu mehr öffentlichem Verkehr zu verändern, ist es notwendig, dass dieser mit dem privaten Pkw konkurrieren kann.

Trend N6: Mehr Sharing Economy

Relevante Megatrends

- Digitalisierung/technische Entwicklung **M3**, Änderung der Werte und Lebensstile **M4** und intensivierter Umwelt- und Klimaschutz **M5**.

Aktuelle Entwicklungen

- **Sharing Economy (Nutzen statt Besitzen):** Die Sharing Economy ist ein Wirtschaftsmodell, in dem nicht ausgelastete Ressourcen gegen monetäre oder nicht monetäre Kompensation zur Verfügung gestellt werden.
- **Digitalisierung und Smartphone Apps ermöglichen Sharing Economy:** Der direkte Zugriff auf Informationen legt den Grundstein der Sharing Economy [SHAHEEN, STOCKER, UND BHATTACHARYYA 2016]. Die öffentliche Wahrnehmung der gemeinsamen Nutzung von Ressourcen ändert sich momentan drastisch. Gerade bei der gemeinsamen Nutzung von Fahrzeugen (Carsharing, Bikeshaaring) zeigt sich eine deutlich zunehmende Akzeptanz vor allem in urbanen Räumen [COHEN UND KIETZMANN 2014]. Die Gründe, sich an einer gemeinsamen Nutzung von Ressourcen zu beteiligen, sind mannigfaltig. Unter Anderem werden Gründe in der besseren ökonomischen Auslastung, dem Spaß am Teilen und einer positiven Auswirkung auf die Umwelt gesehen. Interessanterweise wird Nachhaltigkeit oft nicht direkt mit der Sharing Economy verknüpft [HAMARI, SJÖKLINT, UND UKKONEN 2016].
- **Sharing Angebote und ihre Nutzung nehmen zu:** Im Mobilitätssektor gibt es bereits einige Beispiele (Bikeshaaring, privates und kommerzielles Carsharing). Mit einer weiteren Durchdringung der Gesellschaft durch den Sharing-Ansatz ist zu rechnen [SHAHEEN, MALLERY, UND KINGSLEY 2012].
- **Nutzung der jeweils optimal erscheinenden Option:** Besonders im Bereich der Mobilitätsdienstleistungen bieten die steigende Vielzahl an Optionen und ihre kurzfristige Verfügbarkeit eine erhöhte Flexibilität für die Nutzer. So können sich Nutzer anhand verschiedener, situationsabhängiger Merkmale (Komfort, Kosten, Anzahl Umsteigevorgänge, Anzahl Mitfahrer, ...) spontan für die am besten erscheinende Option entscheiden.
- **Mehr Nachfrage nach Carsharing:** Carsharing hat die Öko-Nische verlassen und wird zunehmend für eine breite Masse an Menschen attraktiv. Carsharing Mitgliedschaften ersetzen oft den Kauf eines eigenen Pkws. Allerdings sind mit heutigen Systemen nur ein Bruchteil der täglichen Wege wirklich für Carsharing geeignet. Ein wirtschaftlicher Einsatz von Carsharing wird mit den heute zur Verfügung stehenden Technologien nur in Ballungszentren gesehen. Autonome Fahrzeuge könnten aber auch im ländlichen Raum für eine gute Mobilitätsoption sorgen [RIEGER ET AL. 2016]. Um Carsharing mit herkömmlichen Technologien im ländlichen Raum einzuführen, wird über eine Beteiligung der öffentlichen Hand oder kommunaler Unternehmen nachzudenken sein [RUOLFF 2016] .

- **Mehr Nachfrage nach Mitfahrgelegenheiten/Ride Sharing:** Die Nachfrage nach ökologisch oder ökologisch erscheinenden Alternativen zu bestehenden Mobilitätsoptionen besteht. Neben Car-/ Bikesharing und der Nutzung des ÖPNV kann diese Nachfrage durch die Nutzung von Mitfahrgelegenheiten befriedigt werden [COHEN UND KIETZMANN 2014; RIEGER ET AL. 2016]. Durch monetäre Anreize (durch den Gesetzgeber) könnten Ridesharing-Optionen an Relevanz zunehmen und auch zu einer Reduktion der Anzahl an privaten Pkw führen [LANG 2016]. Jüngere Nutzer weisen bereits heute eine geringere Pkw-Verfügbarkeit als Ältere auf [WEIß 2016].

Mögliche gegenläufige Entwicklungen

- **Zunahme des Pkw-Bestandes (bis 2020):** Die Rate des Pkw-Besitzes nimmt momentan immer noch leicht zu. Dies ist vor Allem auf eine Zunahme des Pkw-Besitzes und der Pkw-Verfügbarkeit bei Älteren zurückzuführen [WEIß 2016]. Es kann von einer weiteren Zunahme des Pkw-Bestands bis 2020 ausgegangen werden. Danach wird die Quote des privaten Pkw-Besitzes voraussichtlich rückläufig sein.
- Gegebenenfalls könnte dieser Trend durch einen **verstärkten Fokus auf das private Eigentum** verändert werden, auch wenn der eigene Pkw heute praktisch zum normalen Hausstand gehört und das Verhältnis der Deutschen zu ihren Autos doch sehr eng ist [AUTOSCOOUT 2015]. Entsprechend der Prognosen ist es momentan nicht absehbar, dass der private Pkw-Besitz an Relevanz gewinnt.

Auswirkungen auf die Gestaltung zukünftiger Angebote

- **Mehr Mobilitätskonzepte mit Sharing Ansätzen:** Basierend auf der weitergehenden Verbreitung der Sharing Economy wird davon ausgegangen, dass mehr Mobilitätsoptionen mit Sharing-Ansätzen angeboten werden.
- **Weniger Fahrzeuge im Privatbesitz, höhere ÖPNV-Nachfrage:** Soweit sinnvolle Alternativen zum Zweit-Pkw vorhanden sind, ist davon auszugehen, dass dieser in vielen Familien abgeschafft wird [COHEN UND KIETZMANN 2014]. Eine Reduktion privater Pkw wird zusammen mit einem erhöhten Mobilitätsbedarf dazu führen, dass öffentliche Verkehre vermehrt genutzt werden.

3.4 Zukünftiges Mobilitätsangebot

Basierend auf den oben genannten Megatrends werden Trends zum Mobilitätsangebot im ländlichen Raum in Deutschland abgeleitet und erläutert. Auswirkungen aus möglichen Änderungen in der Nachfrage werden ebenfalls betrachtet.

Einzelne Trends können durchaus gegensätzliche Auswirkungen auf die Gestaltung zukünftiger Mobilitätsangebote mit sich bringen.

Zum zukünftigen Mobilitätsangebot ergeben sich folgende Trends:

- Trend A1: mehr restriktive Maßnahmen gegen den MIV,
- Trend A2: mehr integrierte Mobilitätsdienstleistungen,
- Trend A3: autonome Fahrzeuge,
- Trend A4: zunehmende Flexibilisierung,
- Trend A5: elektrische Fahrräder,
- Trend A6: Mehrkosten für individuellen Fahrzeugbesitz.

Trend A1: Mehr restriktive Maßnahmen gegen den MIV

Relevante Megatrends

- Basierend auf den Megatrends **M4** Änderung der Werte und Lebensstile und **M5** Intensivierter Umwelt- und Klimaschutz ist davon auszugehen, dass der MIV vor allem in Städten weiter deutlich eingeschränkt wird. Eine Einschränkung des MIVs im städtischen Bereich hätte auch deutliche Auswirkungen auf den Verkehr im ländlichen Raum.

Aktuelle Entwicklungen

- **Zunehmendes Gesundheitsbewusstsein:** Gesundheitsbewusste Alternativen zum klassischen MIV werden gesucht [WITOWSKY UND PREIßNER 2014]. Umweltverträglichkeit in Bezug auf die Wahl der eigenen Mobilitätsoptionen wird zunehmend als Entscheidungskriterium herangezogen [ESTER 2016].
- **Zunehmende Akzeptanz der Restriktionen im Verkehr:** Insgesamt ist zu erwarten, dass in der Bevölkerung die Akzeptanz für Bepreisungen und Beschränkungen, die eine Minderung der Belastungen durch Verkehr versprechen, weiter steigen wird. Der schweizer Sozialwissenschaftler Hermann Lübke hat den Grund dafür formuliert: „Als wichtigste Grenze der Verkehrsentwicklung erscheint am nahen Zukunftshorizont die wohlfahrtsabhängig sinkende Akzeptanz der Nebenfolgen des Verkehrs“ [LÜBBE 1997]. Eine solche Abhängigkeit der Akzeptanz vom Wohlstand der Gesellschaft wird beispielsweise deutlich durch Lkw-Fahrverbote, die in deutschen Städten vorrangig nachts aus Gründen des Lärmschutzes angeordnet werden, aber in vietnamesischen Städten aus Kapazitätsgründen tagsüber.
- **Neue Preisinstrumente im Straßenverkehr** werden sicher in nächster Zeit auch in Deutschland eingeführt. Allerdings werden nicht alle Maßnahmen uneingeschränkt von der Bevölkerung unterstützt werden. Eine detaillierte Wirkungsermittlung wird notwendig sein, um den jeweiligen Nutzen und die Akzeptanz einzuschätzen [FRIEDRICH UND RITZ 2014].

- **Strengere Grenzwerte:** Auf der einen Seite werden Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren aus den hoch belasteten Innenstädten verbannt, um Emissionsgrenzwerte einhalten zu können. Auf der anderen Seite reagieren die Bürger empfindlicher auf Lärm und Schadstoffemissionen und werden für eine Reduzierung restriktive Maßnahmen fordern.

Bereits heute gibt es heftige politische Diskussionen um eine „blaue Plakette“ für die Umweltzonen, die zwar vorerst auf Halde liegen [VERKEHRSMINISTERKONFERENZ 2016], aber früher oder später höchst wahrscheinlich umgesetzt wird. Städte, die heute Probleme mit der Feinstaubbelastung aufweisen und gegebenenfalls Grenzwerte überschreiten, können die Verbannung des Dieselmotors dazu nutzen, um diese Probleme zu reduzieren [DEDY 2016].

- **Förderung der Nahmobilität:** Die Förderung der Nahmobilität steht deutschlandweit auf der Agenda. So hat sich beispielsweise das Land Hessen mit der Gründung der AGNH (Arbeitsgemeinschaft Nahmobilität des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung) im Jahr 2016 auf die Fahne geschrieben, mehr Ressourcen zur Verbesserung der Nahmobilität bereitzustellen.
- **Zufahrtsbeschränkungen in Städten:** Mittel- bis langfristig ist davon auszugehen, dass die ein oder andere Variante einer Citymaut in den meisten größeren Städten eingeführt wird. Unabhängig davon, ob die Maut strecken-, zeit-, oder fahrzeugabhängig gestaltet wird, stellt sie eine Restriktion des MIV-Verkehrs dar, die sich sowohl auf den ländlichen Raum als auch überregional auswirken wird [DIEPLINGER UND KUMMER 2014]. Die Nutzung des ÖPNV, um die Stadt zu erreichen, gewinnt an Attraktivität [PHLEPS, FEIGE, UND ZAPP 2015; RAMMLER 2016]. Monetäre Mittel haben sich darüberhinaus als sehr zuverlässig erwiesen, um Entscheidungen in der Verkehrsmittelwahl zu beeinflussen [BMUB 2007].

Mögliche gegenläufige Entwicklungen

- Die Einführung von elektrischen Antrieben kann der Entwicklung der zunehmenden Immissionen etwas entgegenwirken. Lärm würde etwas und der Schadstoffausstoß sehr deutlich reduziert werden, wodurch zwei Hauptgründe für Zufahrtsbeschränkungen in Städten entfielen. Zusätzlich entfällt der umweltpolitische Grund, verstärkt auf den Nahverkehr zu setzen und Nutzer könnten die Pkw-Nutzung ohne Schadstoffausstoß für sich selbst besser moralisch begründen.

Auswirkungen auf die Gestaltung zukünftiger Angebote

- **Sammelverkehr bevorzugt:** Um die Anzahl an Fahrzeugen im innerstädtischen Bereich zu reduzieren, werden die Massentransportmittel Bus und Straßenbahn weiterhin genutzt. Zusätzlich werden in Städten verstärkt flexible Sammelverkehre eingesetzt.
- **Umstieg am Stadtrand:** Personen, die aus dem ländlichen Raum in die Stadt kommen, werden zur Umgehung der Citymaut am Stadtrand auf Bus und Straßenbahn umsteigen oder bereits mit diesen anreisen.
- Einzelne **flexible Punkt-zu-Punkt-Verbindungen** werden eher im ländlichen Raum von Interesse sein als in Städten. Aber auch in der Stadt wird es die Möglichkeit geben, flexible Verbindungen exklusiv ohne Mitfahrer zu buchen – dies wahrscheinlich gegen einen Aufpreis.

- **Notwendigkeit zur Elektrifizierung:** Der Straßenverkehr hat einen großen Anteil an hohen Luftschadstoffemissionen. Um Mobilität weiterhin zu gewährleisten und ein möglichst niedriges Niveau an Luftschadstoffemissionen zu erreichen, ist eine Elektrifizierung der Verkehrsmittel unbedingt notwendig.

Trend A2: Mehr integrierte Mobilitätsdienstleistungen

Relevante Megatrends

- Digitalisierung/technische Entwicklung **M3**, Änderung der Werte und Lebensstile **M4**.
- Zusätzlich: mehr Multimodalität **N4**, höhere Ansprüche **N5** und mehr Sharing Economy **N6**.

Aktuelle Entwicklungen

- **Vernetzung aller Anbieter:** Um ein kontinuierliches Mobilitätserlebnis zu ermöglichen, werden Mobilitätsdienstleistungen integriert über verschiedene Plattformen nutzbar sein, so dass ein Nutzer jeweils nur mit einem System interagieren muss, um seinen gesamten Mobilitätsbedarf (in einer Region) zu decken. Die angebotenen Mobilitätsoptionen wirken für den Nutzer, als ob sie alle aus einer Hand kämen [RAMMLER 2016]. Eine Entwicklung hin zu erweiterten Verkehrsverbünden ist absehbar, in der alle angebotenen Mobilitätsoptionen zusammengefasst und kombiniert genutzt werden können [SOMMER UND MUCHA 2014]. Die Anbieter von Personenbeförderung stellen offene Schnittstellen zur Verfügung, um auf dem Markt möglichst gut sichtbar zu sein.

Die Mobilitätsdienstleister können sich durch die angebotenen Verkehrsmittel und durch zusätzliche Services oder durch eine persönlichere Empfehlung der Mobilitätsoptionen unterscheiden. Neben dem Angebot selbst wird der maßgebende Unterschied voraussichtlich in der „besseren“ Entscheidungshilfe liegen, um ein passendes Verkehrsmittel für den nächsten Weg zu identifizieren.

Die schweizerische Südostbahn [KÜCHLER UND RINDLISBACHER 2016] beispielsweise hat die Entwicklung des elektronischen Tickets in der Schweiz vorangetrieben. Wobei die aktuelle Generation berührungslos über eine Smartphone-App funktioniert. Im Betrieb wurde festgestellt, dass es notwendig ist, Reiseketten so zu verknüpfen, dass sie als komfortabel und durchgängig empfunden werden. Als Mobilitätsdienstleister bietet die schweizerische Südostbahn zusätzlich zu den regulären Linienverkehren Verknüpfungen zu Bike- und Carsharing an.

- **Vereinfachte Abrechnung:** Genauso wie das Buchen und Nutzen der Mobilitätsoptionen wird auch die Abrechnung über eine zusammengefasste, alle Verkehrsmittel übergreifende monatliche Rechnung erfolgen [ESTER 2016].

Mögliche gegenläufige Entwicklungen

- **Datenschutz:** Eine Verschärfung in der Gesetzgebung zum Datenschutz könnte das Anbieten individualisierter, flexibler Mobilitätsoptionen erschweren.

- **Protektionismus aktueller Marktakteure:** ÖPNV-Unternehmen und Taxi-Anbieter werden starke Konkurrenz durch neue Marktakteure bekommen. Alteingesessene Marktakteure werden versuchen, neuen Akteuren den Zugang zum Markt zu erschweren.
- **Mangelhafte Marktregulierung:** Neue Angebote werden getestet und eingeführt. Es besteht die Gefahr, dass die Gesetzgebung und Regulierung des Marktes den veränderten Rahmenbedingungen hinterherhinkt und, anstatt Mobilitätsoptionen zu gestalten, nur noch auf veränderte Angebote reagieren kann. Dies zeigt sich bereits in der Bestätigung des Verbots von Uber Pop durch das LG Frankfurt am 09.06.2016¹⁵. Anbieter werden versuchen, möglichst lukrative Nischen zu füllen. Ein diskriminierungsfreier Zugang zu Mobilität ist gefährdet.

Auswirkungen auf die Gestaltung zukünftiger Angebote

- **Regulierungsbedarf:** Es besteht akuter Regulierungsbedarf. Die Rollen der Marktakteure sortieren sich gerade neu und verschmelzen miteinander. Es ist notwendig, die bestehende Gesetzgebung den sich ändernden Randbedingungen und Gegebenheiten anzupassen und im Optimalfall weitreichende Veränderungen zu antizipieren und deren Auswirkungen in Gesetzgebungsverfahren zu integrieren. Es wird notwendig sein, bestehende Definitionen des ÖPNV zu überdenken und weiterhin sicherzustellen, dass Mobilität diskriminierungsfrei genutzt werden kann und ausreichend zur Verfügung steht.
- **Datenschnittstellen werden bereitgestellt / mehr Konkurrenz:** Es kann davon ausgegangen werden, dass alle Anbieter von Mobilitätsoptionen offene Datenschnittstellen bereitstellen, um die Dienste miteinander vernetzen zu können und lückenlose Mobilitätsoptionen zur Verfügung zu stellen. Allerdings kann dies auch zu einer deutlichen Zunahme einer Konkurrenzsituation führen.
- **Verkehrsmittelübergreifende Verbindungssuche:** Verkehrsmittel- und anbieterübergreifende Routensuchen, wie zum Beispiel Qixxit¹⁶, sind auf dem besten Weg, sich als Standard zu etablieren.

Trend A3: Autonome Fahrzeuge

Relevante Megatrends

- Digitalisierung/ technische Entwicklung **M3**.
- Zusätzlich: mehr Multimodalität **N4**, höhere Ansprüche **N5** und mehr Sharing Economy **N6**.

Aktuelle Entwicklungen

- **Zunehmende Automatisierung von Fahrzeugen:** Das Fahren wird schrittweise immer weiter automatisiert, weshalb die Einführung autonomer Fahrzeuge nur noch eine Frage der Zeit ist. Die Industrie bereitet sich bereits auf autonome Fahrzeuge vor. Um den Automatisierungsgrad von

¹⁵ Az. 6 U 73/15 Landgericht Frankfurt

¹⁶ qixxit.de (letzter Aufruf 23.11.2017)

Fahrzeugen einzuordnen, kann auf bestehenden Definitionen der Stufen der Automatisierung zurückgegriffen werden [BAST 2012].

- **Einführung autonomer Fahrzeuge:** Eine Einführung autonomer Fahrzeuge ist absehbar. Etliche Fahrzeughersteller sprechen von frühesten Einführungsterminen um das Jahr 2020. Ob zu diesem Zeitpunkt autonome Fahrzeuge alle Fahraufgaben übernehmen können oder nur für bestimmte Situationen zugelassen sind, bleibt momentan noch offen [ROSENZWEIG UND BARTL 2015; SAUTER-SERVAES 2016; GRÖSCH 2013]. Es wird prognostiziert, dass sich autonome Fahrzeuge bis etwa 2050 als hauptsächlich genutzte Verkehrsmittel durchsetzen könnten [BERTONCELLO UND WEE 2015]. Welche Auswirkungen der Einsatz autonomer Fahrzeuge auf den ÖPNV haben kann, untermauert auch der VDV [ACKERMANN 2016].
- **Klärung der rechtlichen Rahmenbedingungen:** Rechtliche Rahmenbedingungen sind vor dem Einsatz autonomer Fahrzeuge noch zu klären [HENKEL ET AL. 2016]. Allem voran ist hier die Frage der Haftung zu diskutieren [VERBAND DER AUTOMOBILINDUSTRIE 2015]. Des Weiteren stellt sich die Frage, inwieweit autonome Fahrzeuge in den ÖPNV integriert werden (können) [ACKERMANN 2016].

Mögliche gegenläufige Entwicklungen

- **Gesetzliche Einschränkung der Nutzung:** Basierend auf der bestehenden Gesetzgebung könnte sich eine Zulassung autonomer Fahrzeuge verzögern. Gegebenenfalls wird der autonome Einsatz nur in bestimmten Situationen zugelassen. Solche Situationen könnten auf Autobahnfahrten oder Stop&Go-Verkehr begrenzt sein [HENKEL ET AL. 2016].
- **Langsame technische Entwicklung:** Einige Experten gehen davon aus, dass sich hochautomatisierte, fahrerlose Fahrzeuge nach ihrer Einführung frühestens ab 2040 in einer gewissen Breite durchsetzen werden [LITMAN 2016]. Wenn dies der Fall ist, müsste in den nächsten Jahren weiterhin auf Fahrer zurückgegriffen werden, was das Angebot kleiner, flexibler Mobilitätsdienstleistungen deutlich verteuern würde.
- **Keine Zulassung:** Vor dem Einsatz autonomer Fahrzeuge muss geklärt werden, ob und unter welchen Voraussetzungen diese zugelassen werden. Hier gilt es, noch Hürden zu meistern [VERBAND DER AUTOMOBILINDUSTRIE 2015].

Auswirkungen auf die Gestaltung zukünftiger Angebote

- Durch den Einsatz autonomer Fahrzeuge können die Betriebszeiten des Mobilitätsangebots ganztägig erweitert werden. **Wirtschaftlicher Betrieb mit 24h-Bedienung** ist ohne Fahrer wahrscheinlicher umzusetzen als mit.
- Der Einsatz von **autonomen Fahrzeugen wird wirtschaftlich notwendig sein**, um öffentliche Mobilitätsdienstleistungen weiterhin ohne Diskriminierung verfügbar zu machen. Der Konkurrenzdruck zwischen den Anbietern kann steigen, da durch die Abwesenheit von Personal günstigere Angebote möglich sind. Der Personalverzicht führt zu flexibleren Angeboten, da mehr kleinere Fahrzeuge eingesetzt werden können.
- **Verschiedene Angebotsformen verschmelzen** durch die Einführung von autonomen Fahrzeugen. Beim Einsatz vollautomatisierter Fahrzeuge wird zwischen Taxis und Carsharing-Fahrzeugen kein Unterschied mehr bestehen.

- Die **Klärung rechtlicher Rahmenbedingung** ist unbedingt vor der Einführung autonomer Fahrzeuge durchzuführen.

Trend A4: Zunehmende Flexibilisierung

Relevante Megatrends

- Demografischer Wandel **M1**, Digitalisierung/ technische Entwicklung **M3**, Änderung der Werte und Lebensstile **M4**.
- Zusätzlich: geringere Bevölkerungsdichte **N1**, mehr Multimodalität **N4** und höhere Ansprüche **N5** sowie mehr restriktive Maßnahmen **A1** und autonomen Fahrzeuge **A3**.

Aktuelle Entwicklungen

- Gerade im ländlichen Raum mit ohnehin geringer Bevölkerungsdichte wirkt sich der demografische Wandel auf den Mobilitätsbedarf aus. Die Prognose führt bei gleichbleibendem Modal Split zu **weniger Fahrten**, die breiter über den Tag gestreut sind.
- Eine Veränderung der Werte und Lebensstile könnte zu einem erhöhten Mobilitätsbedarf und damit zu erhöhter Nachfrage führen. Neue Einstellungen zu Arbeit/Arbeitsplatz und Freizeitgestaltung führen zu immer flexibleren und spontaneren Mobilitätswünschen. Personen wollen sofort mobil sein, ohne lange auf Fahrzeuge warten zu müssen
- **Zunehmende wirtschaftliche Probleme beim Linienverkehr:** Durch einen Rückgang in der Bevölkerungsdichte, einen Rückgang an Schülern, gleichmäßiger über den Tag verteilte Nachfrage und eine verstärkte Nachfrage nach flexiblen Angeboten wird es immer schwieriger, Linienverkehre wirtschaftlich zu betreiben.
- **Mehr Nachfrage nach Punkt-zu-Punkt-Verbindungen:** Multimodalität, der Wunsch nach flexiblen Mobilitätsformen sowie Veränderungen in den Werten und Lebensstilen (mehr Komfort) werden zu einer erhöhten Nachfrage in Punkt-zu-Punkt-Verkehren führen [BERTOCCHI 2009; SOMMER UND MUCHA 2014; ZISTEL 2015]. Der größte Kostenfaktor im ÖPNV, das Personal/ der Fahrer, wird durch autonome Fahrzeuge überflüssig werden, wodurch eine flexible Bedienung rund um die Uhr umsetzbar erscheint [STEINRÜCK, KÜPPER 2010].

Mögliche gegenläufige Entwicklungen

- Vom Gesetzgeber könnte die Flexibilisierung zugunsten von Massentransportmitteln in Städten eingeschränkt werden. Im ländlichen Raum allerdings wird der zunehmenden Flexibilisierung nichts entgegenstehen. Weitere Einschränkungen sind momentan nicht absehbar.

Auswirkungen auf die Gestaltung zukünftiger Angebote

- **Mehr Zu- und Abbringer zu (schnellen) Linienverkehren:** Linienverkehre mit großen Fahrzeugen sind gut geeignet, viele Personen schnell von A nach B zu bringen. Es kann davon ausgegangen werden, dass stark nachgefragte Relationen weiterhin mit Massenverkehrsmitteln verbunden werden. Um den Anschluss der Massenverkehrsmittel in die Fläche zu verbessern und unnötige Verzögerungen zu umgehen, können flexible Zu- und Abbringer in das reguläre Repertoire des ÖPNV aufgenommen werden.
- **Substitution von Linienverkehren durch flexible Bedienformen:** Linienverkehre in Regionen mit geringer Nachfrage werden zunehmend auf flexible Bedienung mit kleineren Fahrzeugen umgestellt. Ein Vorhalten der Linienverkehre ist auch für den Schülerverkehr nicht mehr notwendig, soweit sichergestellt ist, dass Mobilität weiterhin zur Verfügung steht. Allerdings muss bei der Umstellung von Schülerverkehren darauf geachtet werden, dass bei sehr individuellen Verkehrsangeboten die Gefahr besteht, dass die Anzahl der Fahrzeuge vor Schulen deutlich zunehmen könnte. Dementsprechend müsste bei Schülerverkehren über eine Kombination aus flexiblen Zubringerverkehren und sammelnden Großfahrzeugen nachgedacht werden.
- **Kleine Fahrzeuge mit flexiblem 24h-Betrieb:** Eine Flexibilisierung des Betriebes führt zu einer weiten Verbreitung kleinerer Fahrzeuge. Fahrzeuge mit 2/4/8/12 Sitzplätzen sind vorstellbar. Bei autonomen Angeboten kann von einer Ausweitung auf einen 24h-Betrieb ausgegangen werden. Auch eine Kombination von Personenbeförderung mit dem Transport von Paketsendungen ist denkbar.

Trend A5: Elektrische Fahrräder

Relevante Megatrends

- Digitalisierung/ technische Entwicklung **M3**, Änderung der Werte und Lebensstile **M4**, intensivierter Umwelt- und Klimaschutz **M5**.
- Zusätzlich: mehr Alte, weniger Junge **N2**, höhere Ansprüche **N5** sowie mehr integrierte Mobilitätsdienstleistungen **A2**.

Aktuelle Entwicklungen

- In Deutschland findet ein „Cycling Boom“ statt [LANZENDORF UND BUSCH-GEERTSEMA 2014]. Fahrradfahren nimmt im Modal Split zu und elektrische Fahrräder gewinnen immer mehr an Akzeptanz [WITTOWSKY UND PREIßNER 2014]. Hinzu kommt, dass erste Studien zeigen, dass die Nutzung von elektrischen Fahrrädern zu einem generellen Umdenken in Bezug auf das Mobilitätsverhalten führt [BLUMER 2016]. Die Klimaschutzbewegung myblueplanet¹⁷ initiierte zwei Wochen andauernde Tauschaktionen, in welchen das Auto gegen ein E-Bike getauscht wurde. Messbare Veränderungen in der Verkehrsmittelwahl fielen auch noch ein Jahr nach der Durchführung auf [BLUMER 2016].

¹⁷ myblueplanet.ch/de (letzter Aufruf: 04.02.2018)

- Eine weiterführende Elektrifizierung des Fahrrades wird gegebenenfalls bisher nicht erschlossene Marktanteile ansprechen. Veränderungen in den Lebensstilen weisen auf den vornehmlichen Wunsch hin, auch bei der Mobilität die Umwelt nicht unberücksichtigt zu lassen. Unter Anderem der LOHA-Trend (**Lifestyle of Health and Sustainability**) weist eine große Affinität zum Fahrrad auf und kann zur weiteren Verbreitung der Fahrradmobilität sorgen [RAMMLER 2016].
- In Städten kann das Fahrrad zusätzlich als platzsparende Mobilitätsoption gesehen werden, die keinen großen Parkplatz benötigt und auch auf der Straße deutlich weniger Platz einnimmt als ein Pkw [RAMMLER 2016].

Mögliche gegenläufige Entwicklungen

- Als einzige gegenläufige Entwicklung kann eine schleppende Verbesserung der Akkutechnologie gesehen werden, was dazu führt, dass die Reichweite von elektrischen Fahrrädern vorerst nicht steigt.

Auswirkungen auf die Gestaltung zukünftiger Angebote

- Der Anteil an Wegen zu Fuß oder mit dem Fahrrad nimmt zu. Allerdings ist dies regional sehr unterschiedlich ausgeprägt, in Abhängigkeit der Verfügbarkeit und Entfernung von Versorgungseinrichtungen [LABERER UND WINKLER 2016]. Die mit dem Fahrrad überbrückbare Distanz steigt durch die Nutzung elektrischer Fahrräder deutlich an. Allerdings wird die Nutzung von Fahrrädern weiterhin saisonalen und wetterbedingten Schwankungen unterliegen.

Trend A6: Mehrkosten für individuellen Fahrzeugbesitz

Wie sich die Kosten für private Pkw entwickeln werden, lässt sich im Detail in dieser Studie nicht erörtern. Daher sind die folgenden Merkmale qualitativer Natur und mit sehr starken Unsicherheiten behaftet.

Relevante Megatrends

- Digitalisierung/ technische Entwicklung **M3**.

Aktuelle Entwicklungen

- **Steigende Betriebskosten:** Die Bedeutung der Betriebskosten nimmt zu [SHELL 2014]. Bei der Nutzung konventioneller Antriebe kann davon ausgegangen werden, dass die Kraftstoffkosten weiter steigen. In Deutschland wird verhältnismäßig viel Dieselmotorkraftstoff genutzt.
- **Steigende Anschaffungskosten:** Die Technologie für selbstfahrende Fahrzeuge ist momentan noch teuer. Autobauer könnten versuchen, ihre traditionelle Marge hoch zu halten, indem die Fahrzeuge teuer verkauft werden. Gegebenenfalls würden sich diese Fahrzeuge nur rentieren, wenn sie möglichst dauerhaft unterwegs sind und viele Fahrten abgewickelt werden [HARS 2013].
- **Steigende Nutzungskosten/ Änderung der Verkehrsfinanzierung hin zu mehr Nutzerfinanzierung:** Eine Verlagerung der Verkehrsfinanzierung hin zu mehr direkter Nutzerfinanzierung wird immer wieder diskutiert. Aktuelle Diskussionsansätze sind (wieder)

erhöhte Parkgebühren in Städten, City-Maut und Pkw-Maut sowie eine Verschärfung der Umweltzonen und Weiteres.

Mögliche gegenläufige Entwicklungen

- **Eigenes Fahrzeug bleibt konkurrenzlos:** Vor allem durch einen lebendigen Gebrauchtwagenmarkt kann die Anschaffung von privaten Pkw günstig sein. Je nach Nutzungsmuster kann der Betrieb des eigenen Pkw günstiger ausfallen als zu anderen Mobilitätsoptionen zu greifen. Hinzu kommt, dass der eigene Pkw ein Stück Entscheidungsfreiheit bietet, die mit anderen, heute verfügbaren Mobilitätsoptionen, meist nicht erreichbar ist.
- **Massenprodukt autonomes Fahrzeug wird günstig:** Die Produktion elektronischer Bauteile wird immer billiger. Bei der Hardware für autonome Fahrzeuge ist mit einer großen Anzahl zu produzierender Komponenten zu rechnen. Dadurch kann von einem schrumpfenden Stückpreis ausgegangen werden. Bei einer schnellen Ausbreitung im Markt könnten Fahrzeuge günstiger werden.
- **Geringe Energiekosten durch elektrische Antriebe:** Betriebskosten von Fahrzeugen könnten durch Elektrifizierung des Antriebs reduziert werden. Bei einem weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien müssen Möglichkeiten zur Speicherung mit eingeplant werden. Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb könnten teilweise Strom in Zeiten geringer Nachfrage und hoher Stromproduktion speichern und somit von einer günstigen Entwicklung der Preise profitieren.

Auswirkungen auf die Gestaltung zukünftiger Angebote

- Gegebenenfalls könnten durch erhöhte Kosten der Nutzung privater Pkw mehr Menschen die **günstigeren ÖPNV-Angebote** in Betracht ziehen.

3.5 Zukünftige flexible Mobilitätsangebote

3.5.1 Zusammenfassung der Trendauswirkungen

In den vorangegangenen Kapiteln wurden Auswirkungen der Trends auf die Gestaltung zukünftiger Mobilitätsangebote herausgearbeitet. Diese möglichen Auswirkungen werden in die drei Kategorien Bedienformen, Betreibermodelle und Fahrzeugkonzepte aufgeteilt und sind in Tabelle 3 dargestellt. Anschließend wird auf die drei Kategorien weiter eingegangen. Die Auswirkungen werden in den folgenden Kapiteln herangezogen, um Szenarien für Nachfrage und Angebot zu definieren.

Tabelle 3: Auswirkungen der Trends auf die Gestaltung zukünftiger Mobilitätsangebote im ländlichen Raum

Bedienformen	Betreibermodelle	Fahrzeugkonzepte
<ul style="list-style-type: none"> • kaum Bündelungspotenzial • gleichmäßigere Verteilung der Nachfrage über den Tag • flexiblere Angebote • individuellere Angebote • Tür-zu-Tür-Verbindungen • 24h-Betrieb • wirtschaftlicherer 24h-Betrieb (ohne Personal) • ggf. Umstieg auf Bus/Straßenbahn am Strandrand • Verschmelzen verschiedener Angebotsformen durch autonomes Fahren • mehr Zu-/Abbringer zu (schnellen) Linienverkehren • Substitution von Linienverkehren durch flexible Bedienformen 	<ul style="list-style-type: none"> • schwierige Finanzierungslage für den ÖPNV • Mobilität für relativ wenige Personen vorhalten • Angebote müssen einfach zu nutzen, selbsterklärend und fehlerresistent sein • hochwertige Angebote sind notwendig • Zunahme Personenverkehr • Zunahme kleinteiliger Stückguttransport • mehr situationsabhängiger Wettbewerb zwischen den Verkehrsmitteln • mehr Mobilitätskonzepte mit Sharing-Ansätzen • weniger Fahrzeuge im Privatbesitz, höhere ÖPNV-Nachfrage • Datenschnittstellen werden bereitgestellt, mehr Konkurrenz • Verkehrsmittelübergreifende Verbindungssuche • mehr ÖPNV-Nachfrage durch erhöhte Kosten für die MIV-Nutzung 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorhalten passender/ anpassungsfähiger Fahrzeuge • Einsatz kombinierter Fahrzeuge für Personenbeförderung und Stückguttransport prüfen • kleinere Fahrzeuge • Notwendigkeit zur Elektrifizierung • neue Fahrzeuge, die erhöhten Komfortbedarf abdecken • neue Fahrzeuge, die Privatsphäre im Sammelverkehr bieten • zunehmender Einsatz autonomer Fahrzeuge

3.5.2 Bedienformen

Auch wenn sich durch Digitalisierung und zunehmende Automatisierung viele Randbedingungen ändern, wird sich die Form der Kundenbedienung weiterhin an bereits bestehende Modelle anlehnen. Verschiedene Möglichkeiten, den öffentlichen Verkehr zu organisieren, sind in Abschnitt 2.2.1 dargestellt worden und werden hier aufgegriffen.

Linienverkehre und flexible Linienaufweitung

Innerhalb von Städten und auf hoch frequentierten Achsen im ländlichen Raum, als Zubringer zu Zentren und wichtige Verbindungen von Zentren, werden auch in Zukunft Massentransportmittel auf Basis eines Fahrplans verkehren. In Schwachlastzeiten können diese durch flexible Bedienung erweitert oder ersetzt werden:

- nach Fahrplan: Linienverkehr,
- nach Fahrplan: Linienverkehr mit Anforderung.

Flexible Sammelverkehre

Durch den Einsatz von Sammelverkehren kann der Endpreis für den Nutzer attraktiver gestaltet werden, als es bei einer Taxifahrt der Fall ist.

Sammelverkehre können alle Bereiche abdecken, die nicht direkt an das Netz der Massenverkehrsmittel angeschlossen sind. Dort, wo Massenverkehrsmittel eingesetzt werden, können flexible Sammelverkehre als zusätzliches Angebot oder zur Abdeckung der nachfrageschwachen Zeiten eingesetzt werden:

- teilflexibel: Richtungsbandbetrieb/Sektorbetrieb,
- flexibel: Sektorbetrieb als Zu-/Abbringer zu (Express-) Linien,
- flexibel: Haltestelle zu Haltestelle,
- flexibel: Haltestelle zu Haustür,
- flexibel: Haustür zu Haustür.

Wünschenswert ist, dass diese Angebotsformen innerhalb des Rechtsrahmens des PBefG umgesetzt werden, um eine Betriebs- und Beförderungspflicht beizubehalten und Mobilität für alle zu ermöglichen

Einzelfahrten

Einzelfahrten können ähnlich wie Sammelfahrten angeboten werden, werden aber voraussichtlich wie Taxifahrten heute teurer ausfallen und möglicherweise in den Spitzenzeiten nur beschränkt zur Verfügung stehen.

- flexibel: Haltestelle zu Haltestelle,
- flexibel: Haltestelle zu Haustür,
- flexibel: Haustür zu Haustür.

Das Weiteren ermöglichen die heutigen Kommunikationsmittel ein spontanes Ridesharing, welches ohne Gewinnerzielungsabsicht nicht genehmigungspflichtig ist. Privatpersonen können mit ihren eigenen Fahrzeugen im ländlichen Raum verstärkt dazu beitragen, dass eine breitere Nutzergruppe Zugang zur Mobilität erhält.

Davon ausgehend, dass zunehmend individuellere Mobilitätsoptionen gefordert werden, wie in den Trends N3, N4 und N5 beschrieben, kann eine deutlich erhöhte Nachfrage nach flexiblen Tür-zu-Tür Verbindungen antizipiert werden. Angebote werden 24 Stunden am Tag und 7 Tage die Woche nutzbar sein, wobei ein wirtschaftlicher Betrieb wahrscheinlich nur ohne Fahrer umzusetzen ist.

Stark nachgefragte Verbindungen (zu Mittelzentren) werden weiterhin mit Bus oder Bahn bedient werden. Allerdings werden diese nur an wenigen Haltestellen halten und die weitere Erschließung der Fläche wird über flexible Zu- und Abbringer abgewickelt werden. Zunehmend werden schlecht nachgefragte Linienverbindungen durch Angebote mit flexibler Bedingung substituiert.

Durch den Einsatz autonomer Fahrzeuge werden einige heutige Verkehrsangebote miteinander verschmelzen. So kann davon ausgegangen werden, dass Taxiverkehre, Carsharing und Mietwagennutzung durch die Einführung autonomer Fahrzeuge nicht länger voneinander unterscheidbar sind.

3.5.3 Betreibermodelle

Es wird für Betreiber auch in Zukunft eine große Herausforderung sein, Mobilität im ländlichen Raum wirtschaftlich bereit zu stellen. Mobilität muss für relativ wenige Personen vorgehalten werden, was heute mit Linienverkehren und personalintensivem Betrieb mit hohen Kosten verbunden ist.

Andererseits bieten die zunehmende Digitalisierung und veränderte Nachfragemuster eine Chance, öffentlichen Verkehr im ländlichen Raum zu stärken. Sich verändernde finanzielle Rahmenbedingungen, wie die in den Nachfrage- und Angebotstrends gezeigten steigenden Kosten des MIV und möglicherweise eine Reduktion der privaten Fahrzeuge, können zu einer verstärkten Nachfrage führen. Eine Flexibilisierung des Angebots erschließt neue Nachfragegruppen, und eine systemübergreifende Routensuche vereinfacht den Zugang zu Mobilitätsdienstleistungen auch für sporadische Nutzer.

Je nach Ausprägung der Regulierung des Marktes kann es zu deutlich stärkerem Wettbewerb zwischen Betreibern kommen. Klassische ÖPNV-Unternehmen müssen ihre Produkte den neuen Gegebenheiten anpassen und mit deutlichem Konkurrenzdruck rechnen.

Die Diskussion über Betreiber von Mobilitätsangeboten kann in zwei Bereichen geführt werden: Mobilitätsangebot und Fahrzeugbesitz.

Eine Weiterentwicklung des bestehenden Personenbeförderungsgesetzes erscheint notwendig, um flexible, alternative Angebote im ÖPNV integrieren zu können. Es kann davon ausgegangen werden, dass Angebote weiterhin von der Öffentlichen Hand getragen sowie ausgeschrieben und von privaten Unternehmen betrieben werden. Ein nicht regulierter Betrieb ist nicht absehbar.

Als Besitzer der Fahrzeuge können die Anbieter der Mobilitätsdienstleistungen in Erscheinung treten. Alternativ können Fahrzeuge an Mobilitätsdienstleister vermietet oder abgetreten werden. Die Einbindung privater Pkw in ein öffentliches Verkehrssystem ist bei autonomen Fahrzeugen möglich und hauptsächlich eine Frage der vertraglichen Regelungen.

Spezielle Fahrzeuge müssen vorgehalten werden, wenn Personenbeförderung und Stückguttransport kombiniert werden sollen. Diese Fahrzeuge werden dann eher von Mobilitätsdienstleistern oder Anbietern von Fahrzeugpools gehalten.

Mobilitätsangebot

- öffentliche Betreiber (nicht absehbar),
- öffentliche Ausschreibung, privater Betreiber (subventioniert),
- öffentliche Ausschreibung, privater Betreiber (eigenwirtschaftlich),
- private Betreiber ohne Auflagen,
- Kombination aus Personenbeförderung und Stückguttransport.

Fahrzeugbesitz

- Fahrzeuge im Besitz der Betreiber,
- Fahrzeuge im Besitz von anderen Unternehmen oder Privatpersonen (Überlassung an Betreiber bei Nichtnutzung).

Überlegungen, wie sich die Ausgestaltung von autonomen Sammelverkehren im ländlichen Raum entwickeln könnte, führen zu vielen unterschiedlichen Szenarien. Zwei mögliche Szenarien, mit dem Fokus auf die unterschiedlichen Betreibermodelle öffentliche Hand und Privatwirtschaft, sind nachfolgend dargestellt.

- Aus dem heutigen ÖPNV heraus entwickelte nachfrageorientierte Angebote, die gerade in nachfrageschwachen Räumen eingesetzt werden, um teure Linienverkehre zu ersetzen. Diese Angebote werden im Sinne des PBefG, mit Genehmigung sowie Betriebs- und Beförderungspflicht, umgesetzt.
 - + Keine Konkurrenznöte des ÖPNV,
 - ggf. langsame Innovationsgeschwindigkeit,
 - ggf. risikoaverses Vorgehen in der Umsetzung neuer Bedienformen,
 - + Verknüpfung von autonomen Zubringern und effizienten Linienverkehren,
 - + innerhalb des PBefG (Betriebs- und Beförderungspflicht ...)
 - + Ausschreibung von Bedienräumen (ähnlich Linienbündel) – zentrale Organisation/Disposition.
- Privatwirtschaftliche Konkurrenz (Uber, Lyft, Moia ...), die eigenwirtschaftliche Verkehre erbringen und in direkter Konkurrenz zum klassischen ÖPNV stehen.
 - + potenziell schnelle Umsetzung,
 - + in der Breite ausgerollt,
 - reine Zubringerverkehre kaum denkbar,
 - Umsetzung nur in wirtschaftlich vielversprechenden Regionen mit hohem Bündelungspotenzial,
 - kaum Angebote in ländlichen Räumen,
 - Versorgung unrentabler Räume (Restverkehr) verbleibt in der öffentlichen Hand.

3.5.4 Fahrzeugkonzepte

Ein Großteil der heute in der Entwicklung befindlichen Fahrzeuge und Fahrzeugkonzepte orientieren sich am Pkw als 4- oder 5-Sitzer. Einzelne Entwicklungen weisen ein Minibuskonzept auf und nur wenige Entwürfe gehen andere Wege. Zukünftige Fahrzeugkonzepte werden die in den vorangegangenen Kapiteln identifizierten und hier folgend noch einmal aufgeführten Anforderungen befriedigen müssen:

- kleinere Fahrzeuge,
- Notwendigkeit zur Elektrifizierung,
- Vorhalten passender/ anpassungsfähiger Fahrzeuge,
- neue Fahrzeuge, die Privatsphäre im Sammelverkehr bieten,
- neue Fahrzeuge, die erhöhten Komfortbedarf abdecken,
- zunehmender Einsatz autonomer Fahrzeuge,
- Einsatz kombinierter Fahrzeuge für Personenbeförderung und Stückguttransport prüfen.

Es kann davon ausgegangen werden, dass hochgradig flexible Angebote vorgehalten werden müssen, um die Nachfrage nach mehr und spontanerer Mobilität zu befriedigen. Gegebenenfalls müssen nicht nur die Angebote, sondern auch die Fahrzeuge selbst flexibel gestaltet werden, um an unterschiedliche Nachfragesituationen anpassbar zu sein. So ist bei geringer Nachfrage eine Kombination der Personenbeförderung und des Pakettransports denkbar.

Durch eine stärkere Differenzierung der Nachfrage kommen vor allem im ländlichen Raum vermehrt kleinere Fahrzeuge zum Einsatz, deren Betrieb autonom erfolgt, um Kosten zu reduzieren. Grundsätzlich werden 2-sitzige und 3- bis 5-sitzige Fahrzeuge eher für einen direkten Tür-zu-Tür-Taxiverkehr zum Einsatz kommen; 6- bis 12-Sitzer werden eher für einen Einsatz als Sammelverkehr in Erwägung gezogen. Allerdings ist abhängig von der Ausstattung einer Region mit Fahrzeugen sowie entsprechend der realen Nachfrage eine Überschneidung sehr wahrscheinlich. Auch in einem 2-sitzigen Fahrzeug kann ein Sammelverkehr abgewickelt werden und bei Bedarf kann natürlich auch ein Kleinbus eine einzelne Person transportieren.

Neue Fahrzeugkonzepte sind notwendig, um kombinierten Personen- und Güterverkehr abzuwickeln, dem gestiegenen Komfortanspruch gerecht zu werden und auch, um ein höheres Maß an Privatsphäre und Sicherheit zu gewährleisten. Denkbar sind Fahrzeuge, die zwar im Sammelverkehr agieren, in welchen die Fahrgäste aber in voneinander abgetrennten Abteilen (Kabinen) befördert werden und somit keinen Kontakt zu Mitfahrern aufnehmen müssen.

In Anbetracht strenger werdender Regulierungen wird die Notwendigkeit gesehen, auf emissionsarme Antriebe umzusteigen, was sich in einer deutlichen Zunahme von Elektromotoren im Verkehr niederschlagen wird.

Um Betriebskosten niedrig zu halten und ein hohes Maß an Sicherheit zu gewährleisten, werden zunehmend autonome Fahrzeuge zum Einsatz kommen. Autonome Fahrzeuge werden nicht nur auf separaten Strecken eingesetzt, sondern im regulären Mischverkehr auf allen Straßen.

Nachfolgend werden einige Fahrzeugkonzepte einordnend dargestellt, um einen Überblick über momentan diskutierte und angedachte Fahrzeugkonzepte zu schaffen.

2-Sitzer

Das zurzeit wahrscheinlich bekannteste autonome Fahrzeug ist das Google Car. Google ließ mehrere Jahre lang eine Eigenentwicklung mit Platz für zwei Fahrgäste Probe fahren. Im Dezember 2016 gliederte Google (mittlerweile Alphabet Inc.) die Entwicklung eines autonomen Fahrzeugs in das Tochterunternehmen „Waymo“ aus. Kooperationen mit Chrysler und Fiat sind angekündigt.

Ein ebenfalls sehr kleines Fahrzeug entstand 2009 aus der Kooperation zwischen GM und Segway – das PUMA Concept Car (Personal Urban Mobility und Accessibility). Das Fahrzeug wurde zu dem 2-Sitzer „EN-V“ weiterentwickelt und 2010 auf der Expo in Shanghai vorgestellt. 2014 tauchte die Weiterentwicklung, der EN-V als Version 2.0, noch einmal in den Medien auf.

Der Lutz Pathfinder¹⁸ ist eine Entwicklung aus Großbritannien, die mittlerweile auch probeweise im öffentlichen Straßenverkehr betrieben wird und zwei Personen befördern kann.



Bild 13: Segway + GM Puma 2009¹⁹, GM EN-V 2.0 2010²⁰, Google Car 2015²¹

Die Extremform der dargestellten 2-Sitzer eignet sich hauptsächlich für kurze Strecken. Etwas komfortabler ausgestattete Fahrzeuge, wie das Google Car oder ein Fahrzeug in Smart-Größe, können auch auf etwas weiteren Strecken eingesetzt werden. Privatsphäre bei einem Einsatz solch reduzierter Fahrzeuge ist im Sammelverkehr nicht gegeben. Privatsphäre kann hier nur durch Einzelnutzung hergestellt werden. Eine mit Stückguttransport kombinierte Personenbeförderung kann auf dieser Basis nicht umgesetzt werden.

¹⁸ ts.catapult.org.uk/current-projects/self-driving-pods (letzter Aufruf 01.12.17)

¹⁹ wired.com/2009/04/gm-and-segway-b/ (letzter Aufruf 04.02.2018)

²⁰ wired.com/2010/03/general-motors-en-v/ (letzter Aufruf 04.02.2018)

²¹ waymo.com (letzter Aufruf 04.02.2018)

3- bis 5-Sitzer

Fahrzeuge von unter anderem nuTonomy, Uber²² und Tesla²³ sowie die von Google angekündigten Fahrzeuge sollen alle bald autonom, ohne weitere menschliche Überwachung im öffentlichen Straßenraum betrieben werden. Die Fahrzeuge fassen 4 bis 5 Personen und basieren auf normalen Pkw. Fahrerlos und mit Fahrer eignet sich diese Fahrzeuggröße für Sammelverkehre in Räumen mit geringer Nachfrage.



Bild 14: Fahrerloser Renault Zoe für nuTonomy in Singapur 2016²⁴, fahrerloser Volvo für Uber in Philadelphia 2016²⁵

Diese beispielhaft gezeigten Fahrzeuge können für Sammelverkehre eingesetzt werden und bieten mehr Sitzkomfort als die o.g. Kleinstwagen. Privatsphäre bei Sammelverkehren wird auch hier nicht erreicht, wobei ein Umbau hin zu mehr Privatsphäre des dargestellten Volvos eher denkbar ist, als ein Umbau des dargestellten Renaults Zoe. Beide Fahrzeuge können gut auch auf längeren Strecken eingesetzt werden. Der Kofferraum der Fahrzeuge könnte für einen kombinierten Stückguttransport herangezogen werden, wobei die Sicherung der Fracht gewährleistet werden muss. Während der Renault bereits als Elektrofahrzeug eingesetzt wird, wird der dargestellte Volvo noch mit Treibstoff betrieben.

²² volvocars.com (letzter Aufruf 15.12.17)

²³ tesla.com (letzter Aufruf 16.12.17)

²⁴ nutonomy.com (letzter Aufruf 15.12.17)

²⁵ media.volvocars.com/global/en-gb/media/pressreleases/216738/volvo-cars-to-supply-tens-of-thousands-of-autonomous-drive-compatible-cars-to-uber (letzter Aufruf 04.02.2018)

6- bis 12-Sitzer (Kleinbus)

Fahrerlose Kleinbusse werden heute schon im Regelbetrieb am Flughafen London Heathrow eingesetzt (pod parking system seit 2011). Am Flughafen werden die Fahrzeuge noch auf separaten Streckenabschnitten geführt. Die Fahrzeuge fassen 6 Personen und verkehren vollelektrisch zwischen Terminals und Parkplätzen. Ein Einsatz im öffentlichen Straßenraum ist aber grundsätzlich möglich und war für ein Pilotprojekt in Greenwich in 2017 bereits geplant, wurde jedoch noch nicht umgesetzt.

Weitere fahrerlose Kleinbusse sind Olli von Localmotors und EZ10 der Firma EasyMile, die jeweils 6-12 Personen befördern können und sich in diversen Städten im Probebetrieb befinden.



Bild 15: Pod parking system Heathrow²⁶, Olli²⁷, EZ 10²⁸

Die dargestellten Fahrzeuge eignen sich durch ihre Konfiguration nur für kurze Strecken mit mäßiger Fahrgeschwindigkeit. Dementsprechend ist das Komfortlevel relativ gering und darauf ausgelegt, dass einzelne Fahrgäste bei voller Auslastung stehen. Grundsätzlich spricht aber nichts dagegen, die Fahrzeuge mit komfortablen Sitzen auszustatten, was für einen Einsatz im ländlichen Raum bei den dort üblichen Geschwindigkeiten und Entfernungen unbedingt notwendig ist. In der gezeigten Konfiguration ist keine Privatsphäre gegeben. Passagiere werden wie in einem regulären Bus zusammen in einer Kabine befördert. Eine Unterteilung in einzelne kleine Abteile ist vorstellbar, reduziert allerdings die Kapazität der Fahrzeuge. Persönliche Sicherheit ist durch eine Kameraüberwachung in gewissem Maße gegeben.

Kleinbusse, unerheblich ob autonom oder mit Fahrer, eignen sich für den Einsatz flexibler Bedienung im ländlichen Raum. Zusätzlich eignet sich die Fahrzeuggröße für einen kombinierten Verkehr, um Stückgutlieferungen zuzustellen. Gegebenenfalls können einzelne Boxen von außen zugänglich gemacht werden, um Güter aufzunehmen und mit Berechtigung wieder geöffnet zu werden, um die Lieferung zu erhalten.

²⁶ gateway-project.org.uk (letzter Aufruf 04.02.18)

²⁷ localmotors.com (letzter Aufruf 04.02.18)

²⁸ easymile.com (letzter Aufruf 04.02.18)

Massenverkehrsmittel

Auf Schienenpersonenverkehr (SPV) wird in diesem Kapitel nicht näher eingegangen, da der SPV im ländlichen Raum eine vernachlässigbare Rolle spielt. Allerdings soll ein Designvorschlag von Hamit Kanuni Kuralkan hervorgehoben werden, der sich mit mehr Privatsphäre und subjektiver Sicherheit befasst. Das Fahrzeugkonzept weist unterschiedlich große Abteile auf, die nicht miteinander verbunden sind. Hauptsächlich handelt es sich um Ein-Personen-Abteile, wie in Bild 16 dargestellt. Ein ähnliches Konzept wäre auch für kleinere Straßenfahrzeuge denkbar.

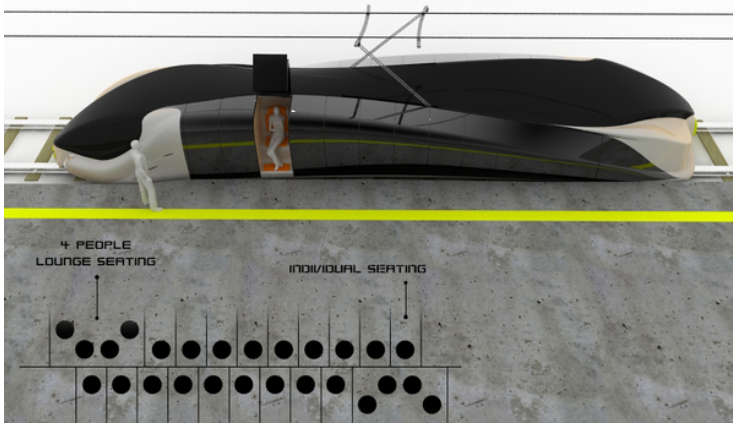


Bild 16: A Train Form Study von Hamit Kanuni Kuralkan²⁹

Adaptive Systeme

Das System next der future transportation inc. befindet sich im Prototypenstadium. Das System soll später aus einzelnen Shuttles bestehen, die sich nahtlos aneinander andocken können. Dadurch würde ein Übergang der Nutzer zwischen den Shuttles möglich. Nutzer könnten von einem Shuttle abgeholt werden, sich auf der Fahrt in ihr Zielshuttle begeben und von diesem an ihr Ziel gebracht werden. Das System kann als Kombination flexibler Verkehre mit Massenverkehrsmitteln gesehen werden.

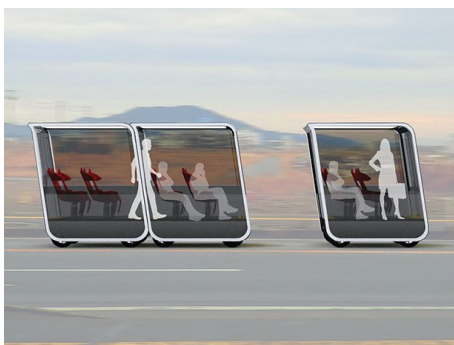


Bild 17: Next Konzept³⁰

²⁹ [behance.net/hamit](https://www.behance.net/hamit) (letzter Aufruf 30.12.17)

³⁰ [next-future-mobility.com](https://www.next-future-mobility.com) (letzter Aufruf 08.01.18)

3.5.5 Schlussfolgerungen für die Modellierung

Auswirkungen der Trends auf die Nachfrage und das Angebot sind mannigfaltig und stark abhängig vom Mobilitätsangebot. Für die Umsetzung des Modells zur Simulation von autonomen Sammelverkehren im ländlichen Raum sowie die Prognose für das Jahr 2030 werden folgende Trends mit den anschließend genannten Auswirkungen herangezogen.

- **N1 Geringere Bevölkerungsdichte:**
→ Anpassung an die Bevölkerungsprognose.
- **N2 Mehr Alte, weniger Junge:**
Annahme, dass 60-jährige heute ein ähnliches Mobilitätsverhalten aufweisen, wie 60-jährige in 2030, Veränderung der Wegeanteile.
→ Berücksichtigung durch die Prognose zur Bevölkerungsentwicklung im Landkreis.
- **N3 Zunehmende Mobilität:**
→ Simulation hoher Nachfrageniveaus.
- **N4 Mehr Multimodalität:**
Umlegung auf ein modernes Mobilitätskonzept, das in sich erst einmal monomodal ist, aber viele Verknüpfungspunkte bieten kann.
→ Simulation hoher Nachfrageniveaus.
- **N5 Höhere Ansprüche:**
Pünktlichkeit und spontane Wünsche nach Ortsveränderung.
→ Implementation eines möglichst geringen Umwegfaktors,
→ flexible Bedienung durch viele Haltestellen, die einer Tür-zu-Tür Bedienung ähneln,
→ Überprüfung der Effizienz des Systems bei kurzer Anmeldedauer.
- **N6 Mehr Sharing Economy:**
Erhöhte Bereitschaft, Verkehrsmittel gemeinsam zu nutzen.
→ Betrachtung von Sammelverkehren.
- **A2 Mehr integrierte Mobilitätsdienstleitungen:**
→ komfortable Tür-zu-Tür-Bedienung,
→ Fahrtanmeldung und Disposition über eine zentrale Stelle,
→ zum Nutzer hin keine Unterscheidung mehrerer Fahrtanbieter.
- **A3 Autonome Fahrzeuge:**
Fokus auf eine Simulation von autonomen Fahrzeugen.
→ Implementation von Pausenregelungen für Fahrer nicht notwendig.
- **A4 Zunehmende Flexibilisierung:**
Äußerst flexibler kleinteiliger Sammelverkehr.
→ Modellierung von kleinen Fahrzeuge mit 4 und 8 Sitzen.

Es fällt schwer, räumliche Grenzen für dieses Modell zu ziehen, da Mobilität Raumgrenzen überschreitet und dementsprechend umfassend betrachtet werden muss [KOHOUTEK 2018]. Mit dem Fokus des Modells auf einen ländlichen Raum, einen ganzen Landkreis, werden die wichtigsten angrenzenden Städte (Mittel- und Oberzentren) mit in die Betrachtung aufgenommen. Die wichtigsten Städte ergeben sich aus der Häufung der Zielangabe in der genutzten Haushaltsbefragung.

4 Modellstruktur und Modellausgestaltung

4.1 Auswahl eines ländlichen Raums als Untersuchungsraum

Basierend auf der in Abschnitt 2.1.1 dargelegten Beschreibung des ländlichen Raums wird nachfolgend ein ländlicher Raum als Untersuchungsraum für die folgende Modellierung der flexiblen Bedienformen ausgewählt.

Kriterien zur Auswahl

Die zur Auswahl herangezogenen Kriterien sind die Einordnung des Raums nach BBSR, Dichte der Bevölkerung, Anzahl an Mittelzentren sowie die Anzahl an Einwohnern. Ziel ist die Betrachtung eines gesamten Landkreises. Ländliche Kreise sind nach BBSR durch eine Einwohnerdichte unter 150 Ew/km² definiert, dünn besiedelte ländliche Kreise durch eine Einwohnerdichte unter 100 Ew/km². Die Zentralität des Landkreises kann grob über die in ihm befindlichen Mittelzentren abgeschätzt werden; je weniger Mittelzentren, desto ländlicher der Landkreis.

In Erwägung gezogene Landkreise

Auf der Grundlage möglicher Datenbasen kommen in Betracht:

- Landkreis Darmstadt-Dieburg
Datenbasis: unter anderem Verkehrsdatenbasis Rhein-Main (VDRM)
- Landkreise Bernkastel-Wittlich, Regen, Kronach
Datenbasis: DB Regio Bus

Die hier vorliegenden Daten sind relativ aktuell und können für eine Modellberechnung bezogen werden.

Auswahl

Wie nachfolgend gezeigt, wurde der Landkreis Darmstadt-Dieburg als nicht ländlich herausgearbeitet; nach BBSR handelt es sich um einen städtischen Kreis. Die Landkreise Bernkastel-Wittlich, Regen und Kronach entsprechen mit einer wesentlich geringeren Bevölkerungsdichte und einer geringeren Anzahl an Mittelzentren erheblich besser der durch die BBSR aufgestellten Definition eines ländlichen Raums.

Auf Basis einer guten Datenverfügbarkeit in bayrischen Landkreisen fällt der Fokus auf die Landkreise Regen und Kronach. Zu einer Einordnung der Größe und Bevölkerungsdichte der Landkreise können Tabelle 4 und Bild 18 herangezogen werden.

Tabelle 4: Vergleich der diskutierten Landkreise zur Auswahl eines Untersuchungsraums
(eigene Darstellung aus Daten der Statistische Landesämter)

	Landkreis Darmstadt-Dieburg	Landkreis Bernkastel-Wittlich	Landkreis Regen	Landkreis Kronach
Bundesland	Hessen	Rheinland-Pfalz	Bayern	Bayern
Einwohner	287.966	110.981	76.265	68.792
Fläche [km²]	656	1.167	974	650
Dichte [Ew/km²]	437	95	78	104
Anzahl Mittelzentren	5 Dieburg, Griesheim, Groß-Umstadt, Pfungstadt, Weiterstadt	1 Wittlich	2 Regen/Zwiesel, Viechtach	2 Kronach, Ludwigsstadt
Einordnung nach BBSR	Städtischer Kreis	Dünn besiedelter ländlicher Kreis	Dünn besiedelter ländlicher Kreis	Dünn besiedelter ländlicher Kreis

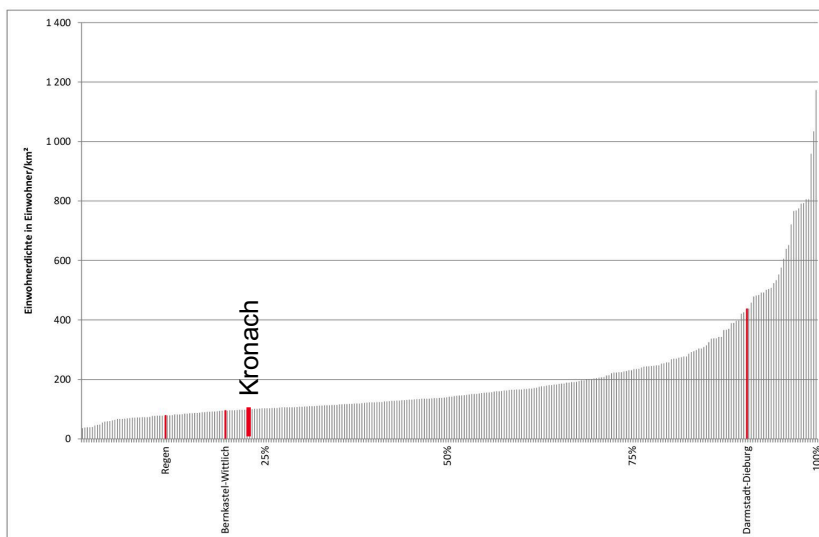


Bild 18: Bevölkerungsdichte der Landkreise [Einwohner/km²] [NACH STATISTISCHES BUNDESAMT 2016B]

In Abwägung aller Kriterien fällt für die Modellierung die Wahl auf den Landkreis Kronach in Bayern, da für diesen Landkreis eine aktuelle, umfangreiche Haushaltsbefragung aus dem Jahr 2014 von der DB Regio Bus zur Verfügung gestellt werden kann.

Der Landkreis fällt in die Einordnung eines ländlichen Raums nach BBSR und kann als gut geeignet angesehen werden. Im Landkreis existiert kein Anschluss an eine BAB.

4.2 Datengrundlage Nachfrage

4.2.1 Analyse Haushaltsbefragung

Eine Analyse der zur Verfügung gestellten Haushaltsbefragung³¹ zeigt die folgenden Ausprägungen:

- Die 68.792 Einwohner des Landkreises Kronach legen an einem Dienstag ca. 126.300 Wege zurück.
- Der Modal Split des ÖPNV (ohne Bahn) im Landkreis liegt bei etwa 12 %, wobei ein Großteil der ÖPNV-Wege auf Schüler und Auszubildende entfällt. Der Anteil der Erwerbstätigen, die Wege mit dem ÖPNV zurücklegen, liegt zwischen 3 % und 4 % (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Ermittelter Modal Split je Personengruppe (Quelle: Haushaltsbefragung LK Kronach 2014)

	Modal Split Gesamt						
	Pkw	Bus	Bahn	Fahrrad	zu Fuß	Sonstiges	Σ
Schüler	21,20%	56,23%	9,44%	4,24%	8,10%	0,79%	100,00%
Auszubildende	65,88%	12,30%	11,02%	2,29%	4,48%	4,03%	100,00%
Erwerbstätige	83,25%	2,76%	1,51%	5,44%	5,83%	1,22%	100,00%
Rentner	74,52%	13,22%	2,85%	3,39%	4,69%	1,34%	100,00%
Sonstige	80,60%	5,00%	4,48%	5,34%	4,29%	0,29%	100,00%
Gesamt	72,2%	12,4%	3,4%	4,9%	5,9%	1,3%	100,0%

- Schulwege (14.800 Wege hin und zurück) werden zu 67 % mit dem ÖPNV (inklusive Bahn) zurückgelegt.
- Ca. 73 % der Arbeitswege finden innerhalb des Landkreises (LK) statt und weitere ca. 15 % weisen als Ziel die umliegenden Städte auf. Somit führen ca. 12 % der Arbeitswege auf längeren Strecken aus dem Landkreis Kronach heraus (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6: Verteilung der Arbeitswege an einem Dienstag

Verteilung der Arbeitswege	In Prozent	
Innerhalb des Landkreises	73,1%	73,1%
Angrenzende Gemeinden	7,5%	15,2%
Relevante Städte in der Nähe (Bamberg, Bayreuth, Coburg, Hof)	7,7%	
Außerhalb des LK (Nord)	1,6%	11,7%
Außerhalb des LK (Süd)	5,4%	
Außerhalb des LK (Ost)	0,9%	
Außerhalb des LK (West)	3,8%	

³¹ Dem Modell wird eine bestehende Haushaltsbefragung zugrunde gelegt. Die Haushaltsbefragung wurde von der DB Regio AG im Juli 2014 durchgeführt. 36.000 Haushalte haben Fragebögen zur Beantwortung erhalten. 9.902 Fragebögen wurden zurückgesendet. Dies entspricht einem Rücklauf von 14,5 % bezogen auf die Gesamtbevölkerung. In den folgenden Kapiteln wird die Analyse und Aufbereitung der Haushaltsbefragung beschrieben.

- Bei einem Vergleich der Ergebnisse der Haushaltsbefragung mit üblichen Werten aus der MiD 2008 [FOLLMER, BRAND, UND GRUSCHWITZ 2010] können grundsätzlich ähnliche Verteilungen auf die einzelnen Verkehrsmittel identifiziert werden. Mit 73 % Pkw-Nutzung entspricht der Landkreis hier sogar genau den Durchschnittswerten für ländliche Kreise.
- Bei der Betrachtung der Wegeanzahl je Tag zeigt sich eine Diskrepanz zu den gängigen durchschnittlichen Werten (MOP 2015/16). Im Vergleich mit Bild 8 kann angenommen werden, dass die Fußwege nicht ausreichend erfasst wurden, denn der durchschnittliche Modal Split für Fußwege im ländlichen Raum liegt eher bei 9 % als bei knapp 6 %. Des Weiteren ist davon auszugehen, dass kurze Freizeitwege und nicht-alltägliche Wege nicht vollständig angegeben wurden. Für das zu erstellende Modell selbst ist die reale Wegeanzahl unerheblich. Die Abweichung der Wegeanzahl zur Realität müsste erst bei einer realen Planung der Umsetzung beachtet werden.

Tabelle 7: Vergleich Wege/Tag Haushaltsbefragung Landkreis Kronach und MOP 2015/2016 [WEIß ET AL. 2016]

Haushaltsbefragung LK Kronach		MOP 2015/2016	
	Wege/Tag		Wege/Tag
Durchschnitt	2,28	Durchschnitt	3,60
Schüler	2,39	10-17 Jahre	3,01
Auszubildende	3,60	18-35 Jahre	3,59
Erwerbstätige	2,68	36-60 Jahre	3,61
Rentner	1,22		
Sonstige	1,59		

4.2.2 Generierung der Nachfrage

Um aus der Haushaltsbefragung auf die gesamte Anzahl der täglichen Wege im Landkreis zu kommen, müssen die Ergebnisse extrapoliert werden.

Die Ermittlung des Extrapolationsfaktors 2012/2030 basiert auf der Bevölkerungspyramide 2012 mit insgesamt 68.792 Personen im Landkreis Kronach [BERTELSMANN STIFTUNG 2017] und der Bevölkerungspyramide 2030 mit 59.920 Personen im Landkreis Kronach (siehe Bild 20) [BERTELSMANN STIFTUNG 2017].

Da in der Haushaltsbefragung alle Altersklassen unterschiedlich repräsentiert sind, werden diese in 1-Jahresschritten extrapoliert. Die Altersverteilung der Antwortbögen ist in Bild 19 dargestellt – ohne Differenzierung in männlich/weiblich.

Um auf die Gesamtzahl an Wegen im Landkreis zu kommen, und die Zusammensetzung möglichst realistisch einzubinden, wird ein Extrapolationsfaktor je Jahrgang für beide Simulationszeitpunkte erstellt.

$$f_{\text{Alter, 2012}}$$

$$f_{\text{Alter, 2030}}$$

Der Extrapolationsfaktor basiert auf den demografischen Daten der Bertelsmann Stiftung, die über wegweiser-kommune.de zugänglich sind. Mit dem Extrapolationsfaktor wird die Anzahl der Wege jeder Altersgruppe auf die gesamte Bevölkerung hochgerechnet, indem davon ausgegangen wird, dass alle Wege repräsentativ sind und Personen gleichen Alters ähnliche Mobilitätsmuster aufweisen.

Beispielhaft werden die folgenden Extrapolationsfaktoren für einzelne Alter genannt:

Tabelle 8: Beispiele Extrapolationsfaktor von Haushaltsbefragung zu Nachfrage im Landkreis

Alter [Jahre]	Simulation „Status Quo“ 2012	Simulation 2030
6	$f_{6,2012} = 15,33$	$f_{6,2030} = 13,17$
10	$f_{10,2012} = 5,87$	$f_{10,2030} = 4,32$
18	$f_{18,2012} = 6,58$	$f_{18,2030} = 4,39$
20	$f_{20,2012} = 8,79$	$f_{20,2030} = 5,23$
30	$f_{30,2012} = 7,89$	$f_{30,2030} = 6,29$
40	$f_{40,2012} = 6,36$	$f_{40,2030} = 5,12$
50	$f_{50,2012} = 5,32$	$f_{50,2030} = 3,21$
60	$f_{60,2012} = 5,59$	$f_{60,2030} = 6,00$
70	$f_{70,2012} = 5,10$	$f_{70,2030} = 8,81$
80	$f_{80,2012} = 6,51$	$f_{80,2030} = 7,49$
90	$f_{90,2012} = 9,41$	$f_{90,2030} = 19,52$

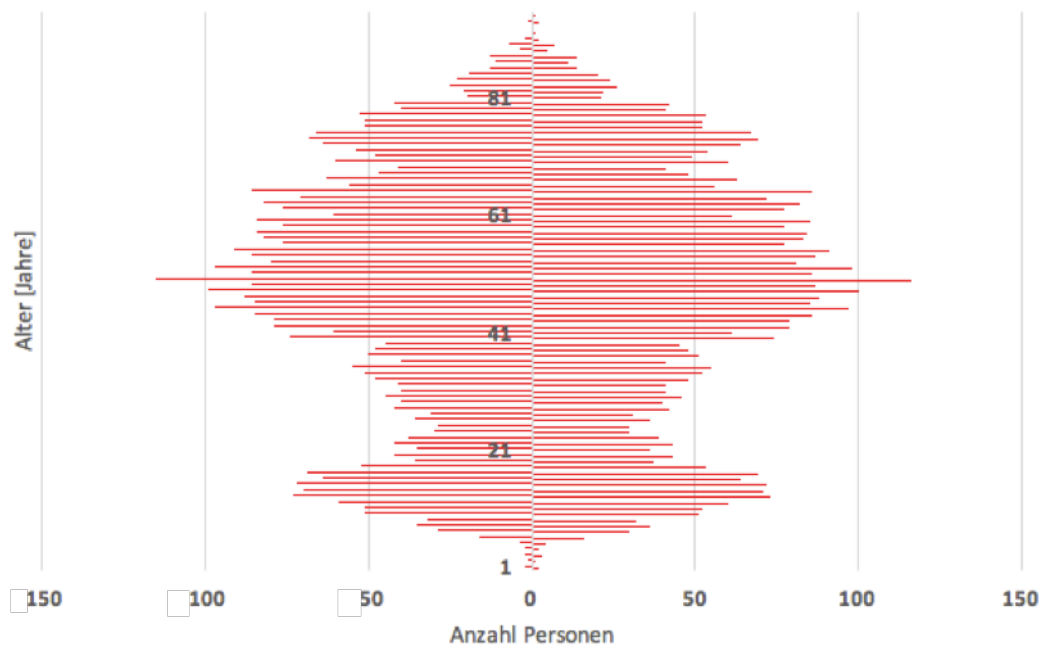


Bild 19: Rückmeldungen der Haushaltbefragung je Jahrgang im Landkreis Kronach (eigene Darstellung)



Quelle: Statistische Ämter der Länder, Deenst GmbH, ies, eigene Berechnungen

Bild 20: Alterspyramide Landkreis Kronach 2030 [BERTELSMANN STIFTUNG 2017]

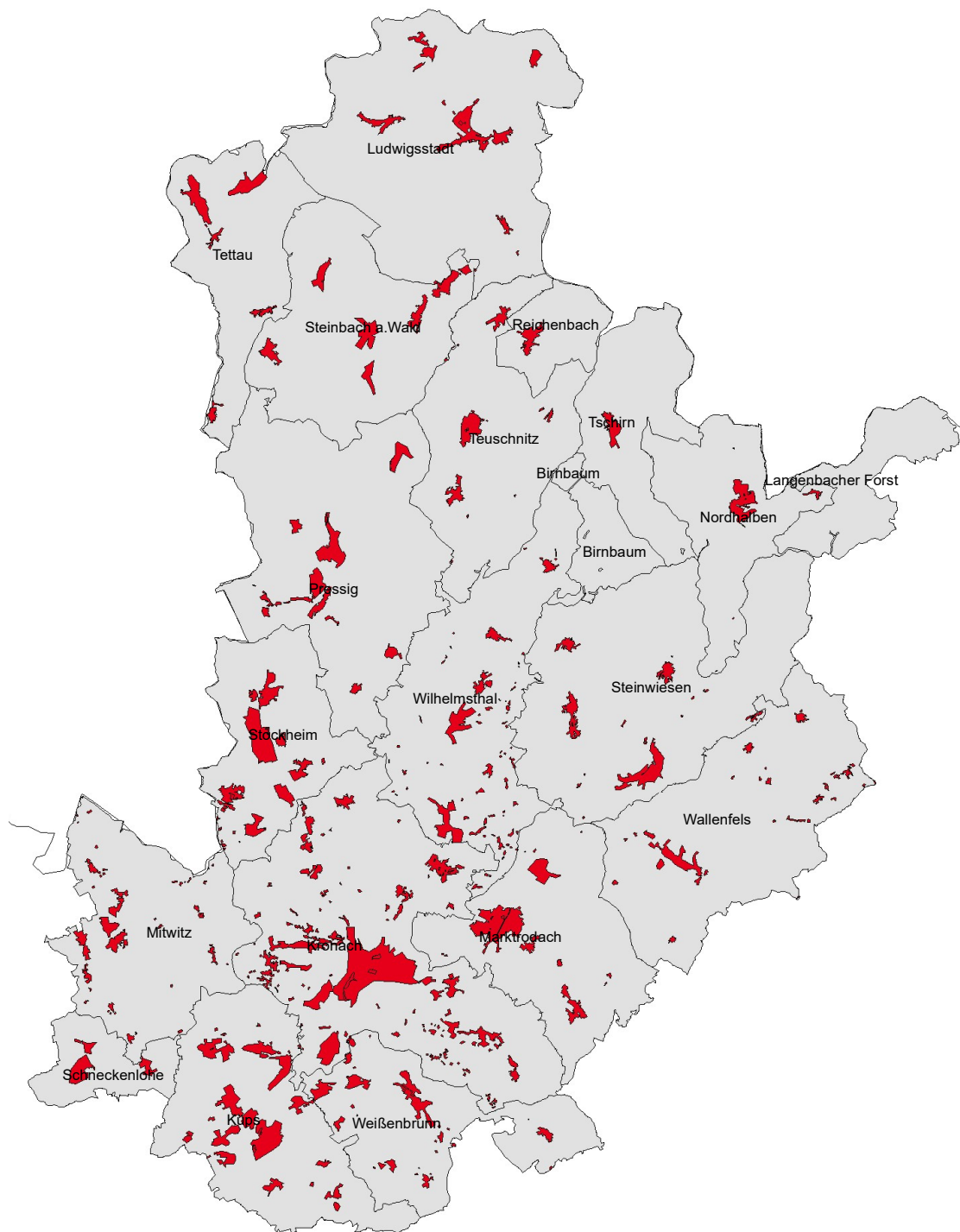


Bild 21: Bebautes Gebiet (rot) im Landkreis Kronach (eigene Darstellung auf Basis von OSM)

Die Extrapolation der Wege ergab ca. 126.300 Wege für 2012 und ca. 99.500 Wege für 2030. Sie werden, je nach angegebenen Wegeinformationen, bedingt zufallsverteilt auf die für dieses Modell erstellten Haltestellen umgelegt. Ist als Quelle eines Weges die Stadt Kronach angegeben, so wird zufällig (gleichverteilt) eine Haltestelle in der Stadt Kronach zugeordnet. Ist als Ziel eines Weges der Ort Tettau und der Ortsteil Alexanderhütte angegeben (10 Haltestellen), so wird zufällig

(gleichverteilt) eine Haltestelle von dort zugeordnet. Ein Beispiel für die Positionierung der Haltestellen in bebautem Gebiet ist in Bild 22 gegeben.

Im Detail heißt dies, dass als Quelle und Ziel jeweils die kleinste identifizierbare Einheit als Grundlage herangezogen wird: Gemeinde/Ortsteil/definierte Position wie z.B. eine Schule. Auf deren Basis wird eine der dort vorhandenen Haltestellen zufallsverteilt zugewiesen.

Die Abfahrtszeiten in der Haushaltsbefragung sind zwischen 06:00 und 18:00 Uhr in 1-Stunden-Intervallen angegeben. Um eine bessere Verteilung der angefragten Wege in das Modell zu integrieren, wird die Abfahrtszeit in 5-Minuten-Intervallen zufallsverteilt (Gleichverteilung) über die Stunde verteilt. Wege, deren Abfahrtszeit vor 06:00 Uhr und nach 18:00 Uhr liegen, werden anhand der typischen Tagesganglinie des HBS 2009 Bild 2-4 [FGSV 2009A] einer Tagesstunde und anschließend zufallsverteilt einem 5-Minuten Intervall zugeordnet.

Die einzelnen Fahrtanfragen werden in Listenform erstellt. Diese Nachfragerlisten für die Prognosehorizonte 2012 und 2030 werden jeweils 3 Mal mit leicht veränderten Zeit- und Haltestellenzuordnungen erstellt, um das Modell mit verschiedenen Eingangsdaten auf Konsistenz zu prüfen. Dies hat zur Folge, dass auch jedes Szenario 3 Mal simuliert wird.

Tabelle 9: Ausschnitt aus der Nachfragerliste 1 – 2012

Angaben Person	Quelle	QuelleID	Arbeit/ Ausbildung	Ort(Arbeits stelle)	Ortsteil	Ziel	ZielID	Fahrt- anmeldung	Fahrt- anmeldung	Fahrt- wunsch	ÖV-Nutzer ID
Azubi	Kronach /	9901099	Schule	Kronach	Berufsschule	Kronach Berufsschule S	9901035	2	01.01.00 04:05	6:05	46
Schüler	Kronach Gundelsdorf	991214	Schule	Kronach	Berufsschule	Kronach Berufsschule S	9901035	2	01.01.00 04:05	6:05	61
Azubi	Schneckenlohe Beikheim	550206	Schule	Kronach	Berufsschule	Kronach Berufsschule S	9901035	2	01.01.00 04:05	6:05	10
Schüler	Steinbach am Wald Buchbach	500207	Schule	Kronach	Berufsschule	Kronach Berufsschule S	9901035	2	01.01.00 04:05	6:05	7
Erwerbstätig	Steinbach am Wald Hirschfeld	500303	Schule	Kronach	Berufsschule	Kronach Berufsschule S	9901035	2	01.01.00 04:05	6:05	11

4.3 Verteilung der Haltestellen

Haltestellen mit einem Radius $r = 100\text{m}$ werden über das bebaute Gebiet des Landkreises verteilt. Ausgenommen sind nur einzeln gelegene Höfe, da hier eine Zuordnung der Quellen und Ziele aus der Haushaltsbefragung nicht möglich ist.

Die Haltestellen wurden händisch in QGIS gesetzt, so dass sie auf Straßen und an Kreuzungen sitzen und das bebaute Gebiet möglichst vollständig abdecken (Vergleich Bild 23). Die Benennung der Haltestellen folgt der folgenden Konvention:

- die ersten 2 Ziffern = Gemeinde,
- die zweiten 2 Ziffern = Ortsteil,
- dann weitere 1 bis 3 Ziffern = Haltestelle.

Die wichtigsten Ziele (Städte) außerhalb des Landkreises werden jeweils mit einer Haltestelle versehen. Eindeutig identifizierbare Quellen und Ziele wie Schulen, Freizeit- und Versorgungsmöglichkeiten werden durch nur eine Haltestelle repräsentiert. Dies ergibt für den betrachteten Landkreis eine Anzahl an 1588 Haltestellen.

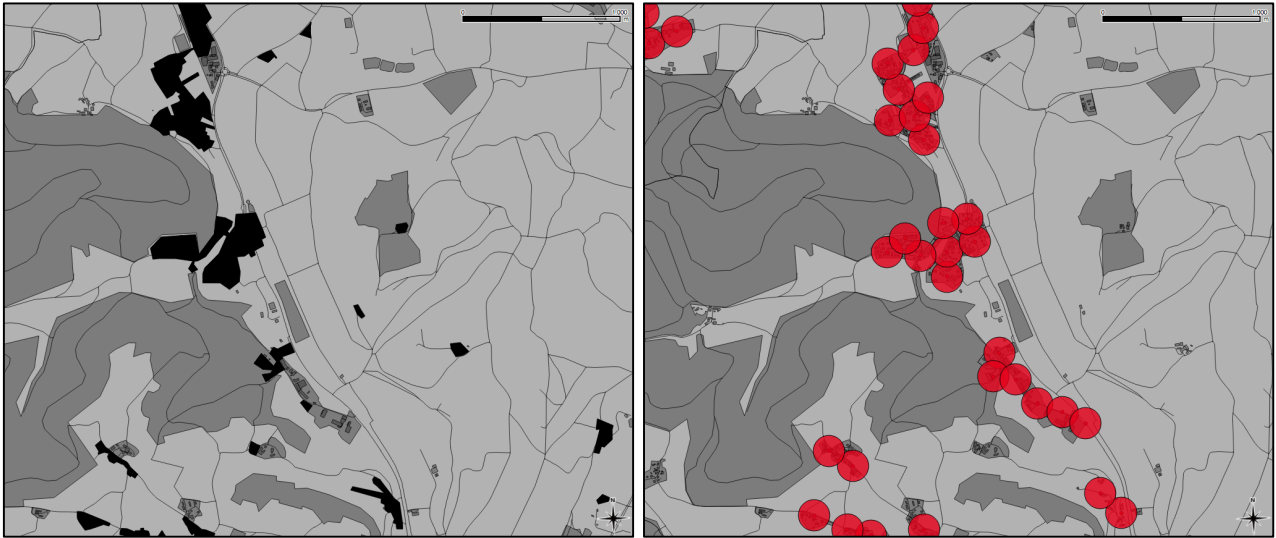


Bild 22: Kronach (99) Knellendorf (17) bebautes Gebiet (schwarz) und Haltestellen (rot)

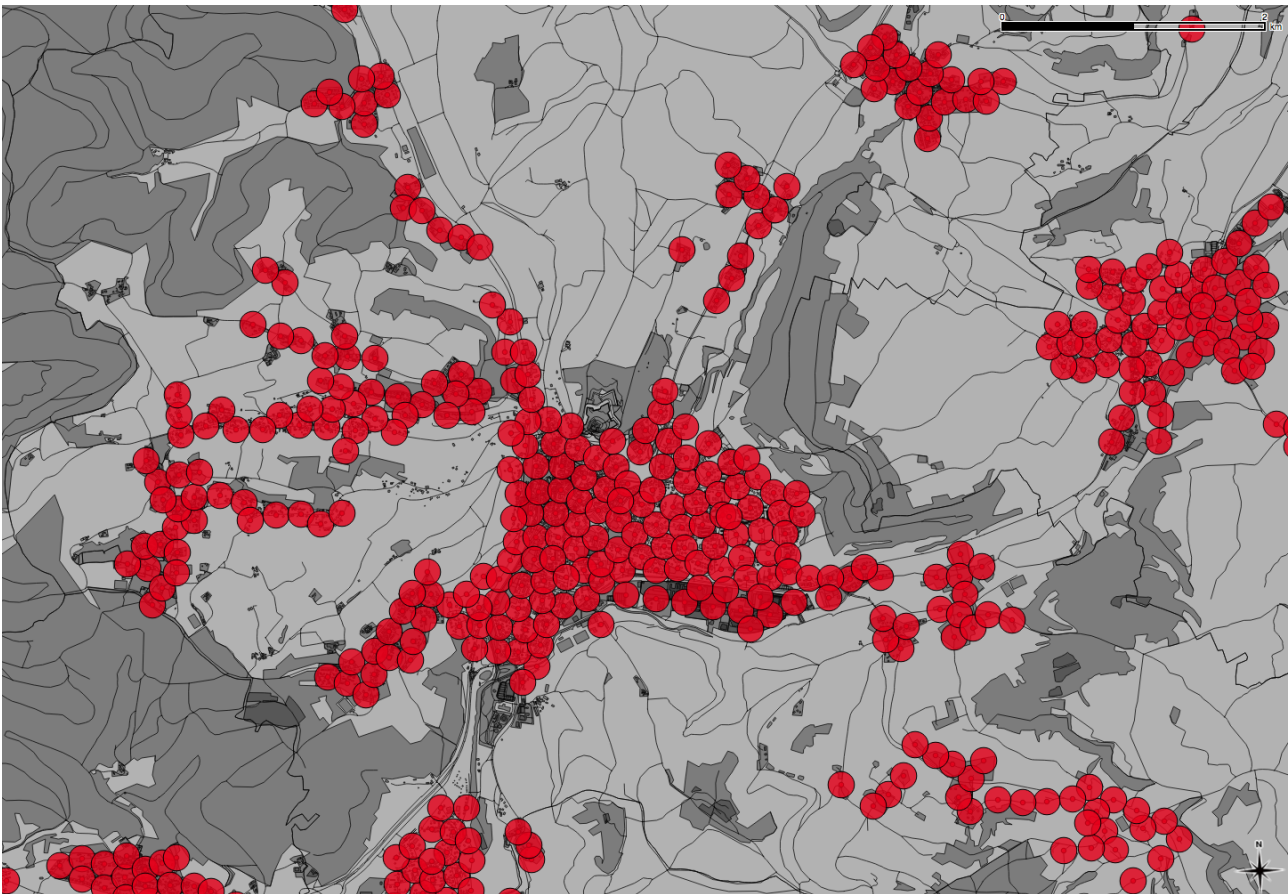


Bild 23: Ausschnitt Landkreis Kronach mit Haltestellen $r = 100\text{m}$ (rot)

Das Routing zwischen den Haltestellen wird auf Basis der in OpenStreetMaps verfügbaren Straßen durchgeführt [© OpenStreetMap Creative Commons BY-SA 2.0]. Im Vorlauf der Simulation wird für alle Haltestellenverbindungen die jeweils zeitlich kürzeste Route ermittelt, wobei auf die zulässigen Geschwindigkeiten zurückgegriffen wird. Dies geschieht durch eine automatisierte Abfrage aller Quelle-Ziel-Verbindungen. Die Fahrtzeiten und korrespondierenden Entfernungen werden in einer Quelle-Ziel-Matrix gespeichert, die 2.520.156 Einträge umfasst. Die Implementation der Quelle-Ziel-Matrix in das Modell dient der Laufzeitoptimierung der Simulation. Dadurch, dass das Routing nicht mehr während der Simulationsläufe durchgeführt wird, kann die Laufzeit je Simulation von mehreren Stunden auf unter eine Stunde gesenkt werden. Online-Zugriffe auf Kartenmaterial werden so ebenfalls nicht benötigt. Allerdings können spontane Fahrtanfragen bei der aktuellen Ausgestaltung des Modells nur bedingt berücksichtigt werden, da Routenänderungen auch zwischen den einzelnen Haltestellen notwendig sein könnten, diese aber nicht im Voraus berechnet werden können.

4.4 Modellierungsentscheidungen

4.4.1 Modellierungsentscheidungen Nachfrageszenarien

- Für die Nachfrage wird ein **repräsentativer Werktag** gewählt. Somit entfällt das Wochenende, da dort veränderte Mobilitätsmuster vorherrschen. Als klassische Werktage werden Wochentage angesehen, die nicht ans Wochenende grenzen, da an Montagen und Freitagen vermehrt An- und Abreiseverkehr von Langstreckenpendlern stattfindet. Die Wahl fällt auf den **Dienstag** aus der Haushaltsbefragung aus dem Juli 2014. Eine Verschmelzung mehrerer Wochentage zu einem typischen repräsentativen Tag wird bewusst nicht gewählt, da dies zu unnötigen Streuungen führen würde und sich auf Basis der Haushaltsbefragung nur schwer umsetzen ließe.
- Es wird zunächst angenommen, dass jeder Weg von einer Person allein zurückgelegt wird. **Gemeinsame Fahrtanfragen** von mehreren Personen mit derselben Quelle und demselben Ziel werden nicht in das Modell implementiert. Somit könnte der Besetzungsgrad des Systems in Realität höher ausfallen als in den Simulationsergebnissen. Bei der Erstellung des Modells wird jedoch darauf geachtet, dass eine Erweiterung zur Abbildung gemeinsamer Fahrten zu einem späteren Zeitpunkt eingefügt werden kann.
- Um die bebauten Gebiete möglichst flächendeckend zu erschließen, wird ein **Haltestelle-zu-Haltestelle-Verkehr** modelliert. Gesprächsrunden zu der durchgeführten Haushaltsbefragung zeigten, dass eine direkte Haustür-zu-Haustür-Bedienung auch vom Nutzer nicht unbedingt gewünscht wird und dass diese lieber an der nächsten Straßenecke ein- und aussteigen. Darüber hinaus ist es auch in einem realen Betrieb durchaus vertretbar, Nutzern zuzumuten bis zur nächsten Straßenecke zu gehen, um in ein Fahrzeug einzusteigen. Die **Haltestellen** werden mit einem Einzugsgebiet mit einem Radius von $r = 100\text{m}$ erstellt. Dies ermöglicht auch mobilitätseingeschränkten Personen die Teilhabe an der angebotenen Mobilität.
- Modelliert wird jeweils nur der **ÖV-Anteil** des Modal Split. Hier wird im Status Quo von 12 % ÖV-Anteil ausgegangen, was sich auf Basis der Analyse der Haushaltsbefragung ergibt. Für die Zukunftsszenarien wird, basierend auf den in den Kapiteln 3.3 und 3.4 erarbeiteten Auswirkungen der Trends, angenommen, dass der ÖV-Anteil durch den Einsatz eines autonomen Sammelverkehrs steigt. Sowohl für den Status Quo als auch für 2030 wird deshalb

ein etwas höherer Wert von 20 % ÖV-Anteil angenommen, was etwa dem durchschnittlichen ÖV-Anteil in mittelgroßen Städten entspricht (siehe Bild 8 auf Seite 16). Als deutlich höhere Anteile werden schließlich 35 % ÖV-Anteil und 75 % ÖV-Anteil gewählt, um eine hohe Akzeptanz des autonomen Sammelverkehrs abzubilden. Der ÖV-Anteil von 75 % entspricht der Umsetzung eines Nachfrageniveaus, das alle Wege abdeckt, die nicht zu Fuß oder mit dem Fahrrad zurückgelegt werden.

- Die **Flexibilität** der Nutzer soll ebenfalls in das Modell integriert werden. Zum einen kann davon ausgegangen werden, dass es einen Unterschied macht, ob der Nutzer die Fahrt spontan oder länger im Voraus bucht und zum anderen, wie flexibel der Nutzer in seiner Abfahrts-/ sowie Ankunftszeit ist. Die Flexibilität wird im Modell durch die Parameter Voranmeldung, Flexibilität der Abfahrtszeit und zulässiger Umwegfaktor dargestellt.
 - Der Parameter **Flexibilität der Abfahrtszeit** beschreibt einen Zeitraum +/- X Minuten, in welchem die reale Abfahrtszeit im Vergleich zur gewünschten Abfahrtszeit liegen darf. Für die Grundszenarien wird von einer Flexibilität von +/- 30 Minuten ausgegangen, um einen hohen Bündelungsgrad zu erreichen. Szenarien mit kleineren Flexibilitätszeiträumen werden ebenfalls für einen Vergleich und eine anschließende Bewertung erstellt.
 - Der Parameter **Voranmeldung** ist für jede Nachfrageliste fix eingestellt, da die Bearbeitung der Fahrtanfragen von der Uhrzeit der Anmeldung abhängig ist. Für die Grundszenarien wird die Dauer der Voranmeldung auf 2 Stunden festgelegt, was dazu führt, dass die Fahrten mit genügend Puffer geplant werden können. Szenarien mit kürzeren Anmeldezeiträumen werden für einen Vergleich und eine anschließende Bewertung erstellt.
 - Der **zulässige Umwegfaktor** beschreibt den maximalen Umweg in Bezug auf die kürzeste Fahrtzeit von der Quelle zum Ziel, der vom Disponenten für die Fahrgäste eingeplant werden darf. Aus der Literatur kann im lokalen Verkehr ein maximaler Umwegfaktor von 1,4 identifiziert werden [BERTOCCHI 2009; FGSV 2009B]. Die Werte in der Literatur liegen in Abhängigkeit der Fahrtweiten zwischen 1,2 und 1,5. Für kürzere Wege innerhalb eines Landkreises kann deshalb ein etwas abgeminderter Maximalwert von 1,4 zugrunde gelegt werden. Im Zuge der Ergänzungsszenarien werden Simulationen mit kleineren maximal zulässigen Umwegfaktoren für einen Vergleich und eine anschließende Bewertung erstellt.
- Der Parameter **Minimum-Wegezeit** reduziert die nachgefragten Wege aus der Fahrtenliste. Unter der Annahme, dass kurze Wege mit dem Fahrrad oder zu Fuß zurückgelegt werden, wird ein Grenzwert in das Modell integriert. Alle Wege, die kürzer als dieser Wert sind, werden im Modell nicht abgebildet. Für die Personengruppen können verschiedene Werte gesetzt werden, um so z.B. ältere Personen mit kürzeren Wegen im Modell zu integrieren, als dies für Erwerbstätige und Schüler der Fall ist. Zusätzlich kann so ein erheblicher Teil des Schülerverkehrs bei der Simulation reduziert werden. Bei einer Minimum-Wegezeit von 5 Minuten mit dem Pkw werden nur längere (Schul-)Wege über den Disponenten abgewickelt.

4.4.2 Modellierungsentscheidungen Mobilitätsangebot

- Das Mobilitätsangebot im Modell umfasst Fahrten mit 4- und 8-sitzigen Fahrzeugen. Ausgehend von einem geringeren Bündelungspotenzial im ländlichen Raum als in Städten werden keine größeren Fahrzeuge eingesetzt.
- Simuliert werden Punkt-zu-Punkt-Verkehre. Zubringerverkehre zu Massenverkehrsmitteln wie Bus und Bahn werden nicht näher betrachtet.
- Um die Zuordnung der Fahrzeuge zu den Fahrthanfragen zu steuern, werden zwei Dispositionsstrategien entwickelt. Eine Strategie zielt auf hohe Effizienz, um möglichst viele Fahrten zu bündeln. Die andere Strategie zielt auf eine möglichst komfortable Fahrt mit geringen Umwegen und möglichst ohne Mitfahrer.
- Im Modell werden alle Fahrthanfragen von einem einzigen zentralen Disponenten bearbeitet. Eine Konkurrenzsituation mehrerer Fahrthanbieter wird nicht dargestellt.
- Das modellierte Angebot befindet sich innerhalb des Rahmens des PBefG, so dass keine Fahrthanfragen abgelehnt werden (können) und alle Fahrthanfragen gleichrangig behandelt werden.
- Zur räumlichen Abdeckung des Untersuchungsraums werden virtuelle Haltestellen mit einem Radius $r = 100$ Meter über das bebaute Gebiet verteilt. Effektiv ähnelt dies einer Tür-zu-Tür Bedienung.
- Eine Unterscheidung von autonomen Fahrzeugen und Fahrzeugen mit Fahrer findet im Modell nicht statt. Dies wird in die Analyse einfließen. Somit werden nur Verkehre autonomer Fahrzeuge modelliert.
- Zunächst liegt der Fokus auf der Modellierung von Sammelverkehren. Ein taxiähnlicher Betrieb wird in den Ergänzungsszenarien angesprochen.
- Die Flottengröße für die Grundszenarien wird im Vorlauf an die abzudeckende Nachfrage angepasst. Zielsetzung ist hier, dass der zu modellierende Teil der Nachfrage komplett abgedeckt wird.

4.4.3 Überlegungen zum Schülerverkehr

Schülerverkehre machen heutzutage im ÖPNV im ländlichen Raum den größten Teil der Verkehrsnachfrage aus. Werden Linienverkehre durch autonome Sammelverkehre substituiert, müssen Schülerverkehre gesondert betrachtet werden. Der Einsatz kleiner Sammelfahrzeuge könnte dazu führen, dass das Verkehrsaufkommen vor Schulen noch weiter zunimmt, was allein aus Verkehrssicherheitsgründen für die Schüler nicht gewünscht ist.

Durch eine überschlägige Berechnung soll grob die benötigte Anzahl an Fahrzeugen für den Einsatz im Schülerverkehr im Landkreis Kronach abgeschätzt werden. Für diese Abschätzung wird die Bahnlinie, die von knapp 10 % der Schüler genutzt wird (siehe Kapitel 4.2.1), außer Acht gelassen.

Bei 14.800 Schulwegen pro Tag, von denen 67 % mit dem Bus zurückgelegt werden, bedeutet dies, dass 4.950 tägliche Hinwege zum Schulbeginn zurückgelegt werden. Allein um diese Wege mit Sammelverkehren abzuwickeln, würden grob überschlagen 410 bis über 825 Fahrzeuge benötigt werden (siehe Tabelle 10). Da es sich in Kronach hauptsächlich um einen einzelnen Schulstandort

handelt, an dem mehrere Schulen ansässig sind, würde diese Anzahl an Fahrzeugen an diesen einen Standort fahren.

Zum Themenkomplex Schülerverkehr ergeben sich zusätzliche Aspekte: nicht nur die schiere Anzahl an Fahrzeugen vor den Schulen wäre ein Problem, sondern auch die Frage, wer die Fahrzeuge nach dem Schülertransport reinigen soll und ob dies nach jeder Fahrt (vor der Nutzung durch andere Fahrgäste) notwendig wäre.

Im Ergänzungsszenario Z9 wird mit Hilfe des Modells ein gesonderter Blick auf den Schülerverkehr gerichtet. Aus den überschlägigen Berechnungen muss die Empfehlung abgeleitet werden, den Schülerverkehr weiterhin mit großen Fahrzeugen (Bussen) durchzuführen. Eine Möglichkeit, Busse einzusparen und den Schulweg für alle möglichst kurz zu halten, wären autonome Zubringerverkehre, die mit einem Schulen-Linienverkehr zu kombinieren sind.

Ob diese Annahmen so zutreffen, wird mit der Simulation im Ergänzungsszenario Z9 überprüft.

Tabelle 10: Überschlägige Berechnung Schülerverkehr

	Abwicklung mit 4-Sitzern	Abwicklung mit 8-Sitzern
Schul(hin)wege	4.950	4.950
Mittlere Besetzung [Personen]	3	6
Mittlere Fahrtzeit [Minuten]	30	30
Schulbeginn in 2 Chargen	→ 2 Fahrten / Stunde	→ 2 Fahrten / Stunde
Benötigte Fahrzeuge [n]	825	413
Benötigte Fahrzeuge [n] unter Beibehaltung der aktuellen Nutzung der Bahnlinie (-10 %)	740	370

Gemäß des in Kapitel 2.2.1 erstellten morphologischen Kastens zur Klassifizierung des Mobilitätsangebots wird in Bild 24 das zu simulierende Angebot beschrieben.

Funktion	Erschließung in der Fläche		Erschließung an einer Linie	Verbindung innerhalb Kommune/ Stadt	Zu-/Abbringer zu Massen-transport		Verbindung von Zentren	
Fahrzeug	Pkw	Kleinbus	Bus		Gelenkbus	Straßenbahn		S-Bahn
Halte	Haustür			Straßenecke			Haltestelle	
Maximale Entfernung zur Haltestelle	0 m	< 300 m		< 500 m		< 1 km		> 1 km
Bedienung	Flexibel, bedarfsabhängig					Nach Fahrplan		
Geltungsbereich	Innerhalb PBefG					Außerhalb PBefG		

Bild 24: Klassifizierung des zu modellierenden Mobilitätsangebots

5 Modellanwendung

5.1 Definitionen im Modell und bei der Auswertung

In Tabelle 11 sind die zur Modellbeschreibung verwendeten Begrifflichkeiten erläutert.

Tabelle 11: Definitionen im Modell und bei der Auswertung

schnellster Weg	schnellste Route von Haltestelle A nach Haltestelle B
Umwegfaktor	Dauer der Fahrt von Haltestelle A nach Haltestelle B geteilt durch kürzester Weg A-B vorgegebener Maximalwert
Abfahrtszeit Wunsch [hh:mm]	angefragte Abfahrtszeit der Passagiere.
Voranmeldung [t]	Zeitpunkt zu dem der Fahrtwunsch dem Disponenten vor der gewünschten Abfahrtszeit übergeben wird
Flexibilität [min]	Delta in +/- x Minuten, in welchem die disponierte Abfahrtszeit von der Wunschabfahrtszeit abweichen darf
ÖV-Marker [n]	gleichverteilte Zufallsvariable (1-100) zur Auswahl der zu modellierenden Nachfrage bei X % abgebildeter Nachfrage
Minimum Wegezeit Pkw [min]	Wege, die kürzer als dieser Wert sind, werden im Modell nicht abgebildet. Annahme: diese Wege werden nicht-motorisiert zurückgelegt
abrechenbare Distanz [km]	Summe der Distanzen aller schnellsten Wege in Kilometer, die theoretisch den Passagieren in Rechnung gestellt werden kann
Fahrzeugkilometer [km]	Summe der von Fahrzeugen zurückgelegten Distanzen
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	Summe der von belegten Fahrzeugen zurückgelegten Distanzen
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	Summe der Distanzen zurückgelegter Leerfahrten

5.2 Modellaufbau

Die Grundlage der Modellierung bildet ein in der Modellierungsumgebung AnyLogic erstelltes agentenbasiertes Modell. In Bild 25 werden alle in der Realität relevanten Akteure im Modell als Agenten abgebildet. Bei den einzelnen Elementen handelt es sich um Entitäten der Agenten, deren Attribute jeweils verschieden ausfallen können. Die Agenten sind wie folgt ausgebildet:

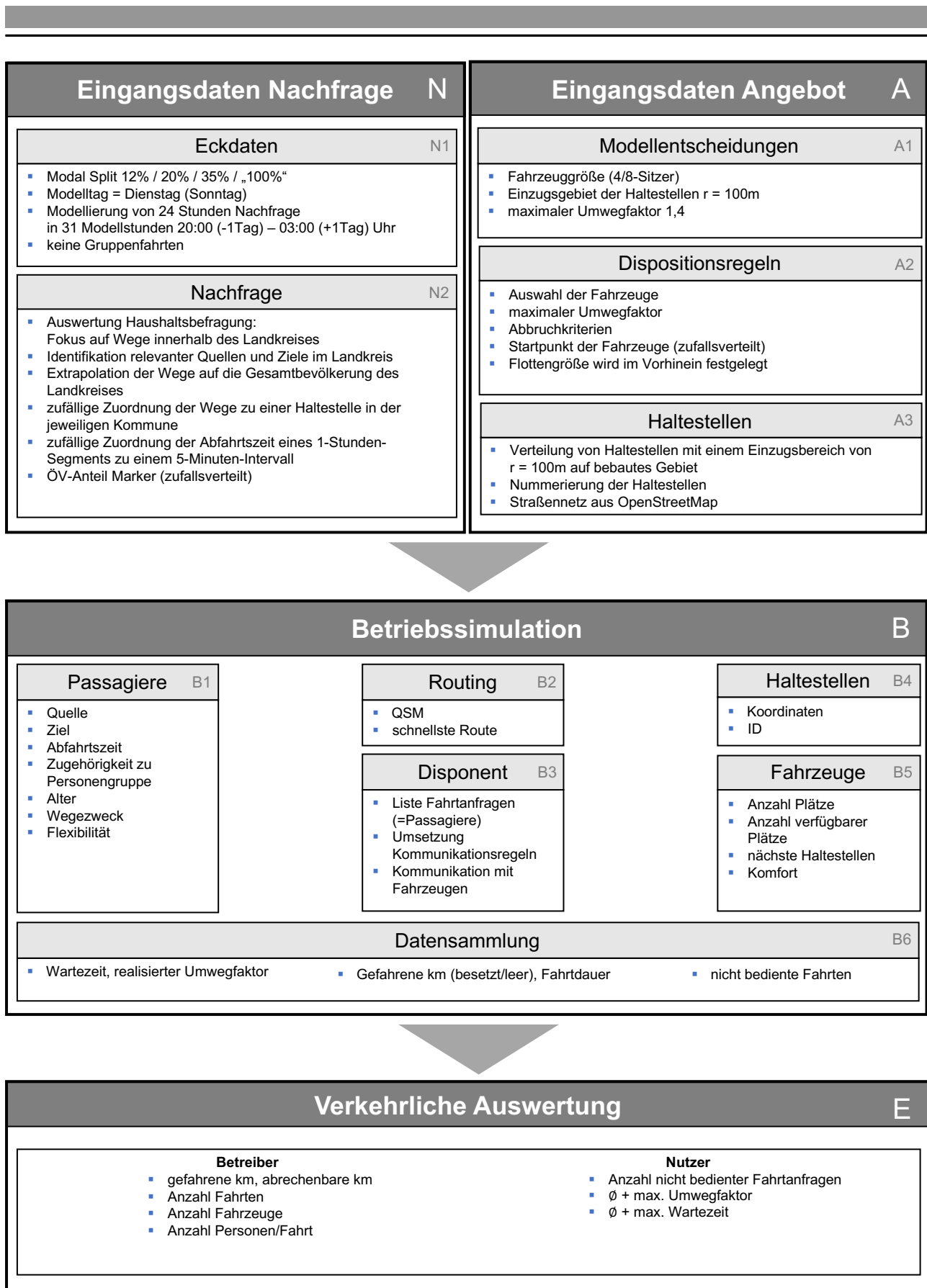


Bild 25: Modularer Aufbau des Simulationsmodells

5.2.1 Haltestellen – „Stop“

Haltestellen mit einem Einzugsbereich von $r = 100$ m werden in einem engen Netz über das bewohnte Gebiet im Landkreis gelegt (siehe Kapitel 0). Der Agent „Stop“ beinhaltet die Verortung durch Geokoordinaten (in UTM 32) sowie eine ID, um die Haltestelle ansprechen und als Quelle und Ziel eines Weges zuweisen zu können. Die Namenskonvention zur Benennung der Haltestellen befindet sich in Kapitel 0. Weitere Parameter, wie zum Beispiel Komfortmerkmale der Haltestellenausstattung, könnten in weiterführenden Projekten hinzugefügt werden.

Attribute:

- Haltestellen-ID,
- Koordinaten,
- (Ausstattung).

Eine Liste der Haltestellen wird in AnyLogic in das Modell implementiert und kann später für die Betrachtung anderer Räume angepasst werden.

5.2.2 Fahrgäste – „Passenger“ (FG)

Der Fahrgast ist ein statischer Agent, dem Parameter mitgegeben werden, um diese nach Abschluss des Modells auszuwerten. Der Fahrgast wird von einem Fahrzeug an seiner Quelle zu einer disponierten Zeit abgeholt und an seinem Ziel abgesetzt. Der Fahrgast enthält die folgenden Attribute:

- Alter,
- Wegezweck,
- Quelle (ID),
- Ziel (ID),
- Fahrtzeitwunsch,
- Zeitpunkt Fahrtanmeldung,
- maximal zulässiger Umwegfaktor,
- Flexibilität,
- ÖV-Marker.

Der Fahrgast wird im Modell gleichzeitig mit Eintreten der Fahrtanmeldung eines Fahrtwunsches erzeugt. Die Liste der Fahrtwünsche ist in AnyLogic in das Modell implementiert. Da der Zeitpunkt, zu dem der Fahrtwunsch gestellt wird, vor der gewünschten Abfahrtszeit liegt, der Zeitpunkt des Fahrtwunsches aber der Auslöser für die Suche nach einem passenden Fahrzeug ist, wird diese Zeitspanne für die einzelnen Nachfragelisten fixiert. Listen mit verschiedenen Voranmeldungszeiträumen sind im Modell vorhanden. Die drei verschiedenen Voranmeldungsauern (2 Stunden, 30 Minuten, 6 Minuten) können in AnyLogic für die Betrachtung anderer Räume durch andere Listen ausgetauscht werden.

Der „ÖV-Marker“ dient dazu, den Anteil der Fahrtanfragen, die den Disponenten erreichen, zu steuern. Da die Nachfrageliste 100 % der Wege eines Tages umfasst, müssen die Anfragen reduziert werden, um einen gewünschten Modal Split darzustellen. Jede Fahrt erhält zufallsverteilt einen Wert von 1 bis 100. Durch die Angabe des Modal Splits im Modell werden nur die Fahrtanfragen \leq des gesetzten Werts bearbeitet. Wie erörtert, ändert sich dieser gesetzte Wert entsprechend der vier gewählten ÖPNV-Anteile je Personengruppe.

Wege, die bereits heute gemeinsam zurückgelegt werden, die zu einem durchschnittlichen Besetzungsgrad von 1,3 Personen/Fahrzeug führen, werden in der Simulation getrennt nachgefragt, was in den Simulationsergebnissen zu einem reduzierten Besetzungsgrad führen kann. Ein Ausschnitt der Liste der Fahrtanfragen ist in Tabelle 12 dargestellt.

Tabelle 12: Ausschnitt Nachfrage Dienstag 2 Stunden Voranmeldung

Angaben Person	Quelle	QuelleID	Alter	Arbeit/ Ausbildung	Ziel	ZielID	Time_ Fahr- tannmeldung	Departure Request
Schüler	Kronach Vogtendorf	992308	12	Schule	Kronach / S	9901083	05:55	07:55
Rentner	Pressig /	660116	61	Versorgung	Wilhelmsthal Steinberg	110907	06:20	08:20
Erwerbstätiger	Brugkumstadt /	120301	33	Arbeit/ Ausbildung	Küps /	950109	06:25	08:25

5.2.3 Fahrzeuge – „Vehicle“ (Fz)

Das in Bild 26 dargestellte Ablaufdiagramm zeigt den Agenten „Vehicle“. Jede Instanz dieses Agenten bekommt vom „Dispatcher“ eine Liste übergeben mit abzufahrenden Haltestellen und Ankunftszeiten an diesen Haltestellen (Liste „nextStops“). Diese Liste wird abgefahren. Für den Fall, dass sich kein Fahrgast im Fahrzeug befindet und das Fahrzeug vor der nächsten Abfahrtszeit an der nächsten Haltestelle ankommen würde, wartet es an der aktuellen Haltestelle, bis die nächste Abfahrtszeit pünktlich erreicht wird. Diese Pausen könnten bei batterieelektrischem Betrieb zum Laden genutzt werden.

Attribute:

- Anzahl der Sitzplätze,
- Liste der nächsten Haltestellen: „nextStops“,
- Dauer einzelner Aktionen: Aufnehmen, Absetzen von Fahrgästen,
- fahrbare Distanz für Batteriebetrieb.

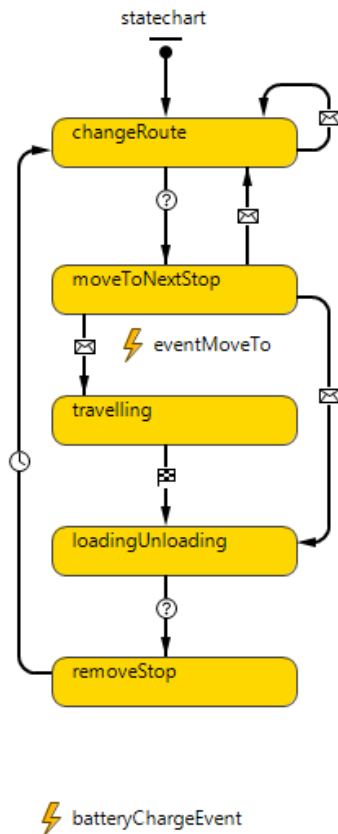


Bild 26: Agent "Vehicle"

Ladepausen sind optional für jeden Simulationslauf einstellbar und können als nicht verfügbare Zeit mit einem „zusätzlichen“ Halt an derselben Haltestelle über die gewählte Dauer der Ladepause angegeben werden. Diese Zeitspanne dient dann in der Simulation der vollständigen Ladung der Batterie des Fahrzeugs.

5.2.4 Disponent – „Dispatcher“

Der Disponent (kompletter Ablauf siehe **Anhang 3**) bearbeitet die Fahrtanfragen vor dem Zeitpunkt des Abfahrtwunsches. Der Zeitpunkt der Voranmeldung ist je Nachfrageliste festgesetzt. Im Regelfall wird für das Modell von einer Voranmeldung von 2 Stunden ausgegangen, da ein Großteil der Wege Schul- und Arbeitswege beinhaltet und diese meist langfristig planbar sind. Für einzelne Ergänzungsszenarien wird die Voranmeldung reduziert: 30 Minuten und spontan (6 Minuten). Dafür werden separate Nachfragelisten erstellt.

Je nach ausgewählter Dispositionsstrategie werden verschiedenen Prioritäten gesetzt. Diese werden nachfolgend vorgestellt. Der Disponent in Gänze ist in **Anhang 3** abgebildet.

Dispositionsstrategie „Hohe Effizienz“:

Priorität 1: hohe Besetzung

Priorität 2: kurze Entfernung

Priorität 1: Fahrzeuge sollen mit mehreren Fahrgästen besetzt werden. Dementsprechend wird zuerst nach hoher Besetzung sortiert.

Priorität 2: Unnötige Umwege sollen vermieden werden. Dementsprechend wird das Fahrzeug zugewiesen, welches sich zur disponierten Zeit möglichst nah an der neuen Quelle-Haltestelle aufhält. Die Entfernung wird über die Distanz der Haltestellen zueinander und die Halteliste „nextStops“ des Fahrzeugs ermittelt.

Dispositionsstrategie „Hoher Komfort“:

Priorität 1: geringer Umwegfaktor

Priorität 2: kurze Entfernung

Priorität 1: Es wird nach dem durchschnittlichen Umwegfaktor über alle Passagiere sortiert. Die zugrundeliegende Überlegung ist, dass Fahrzeuge mit nur einem Passagier den Umwegfaktor 1 aufweisen und somit bevorzugt werden.

Priorität 2: Unnötige Umwege sollen vermieden werden. Dementsprechend wird das Fahrzeug zugewiesen, welches sich zur disponierten Zeit möglichst nah an der neuen Quelle-Haltestelle aufhält. Die Entfernung wird über die Distanz der Haltestellen zueinander und die Halteliste „nextStops“ des Fahrzeugs ermittelt.

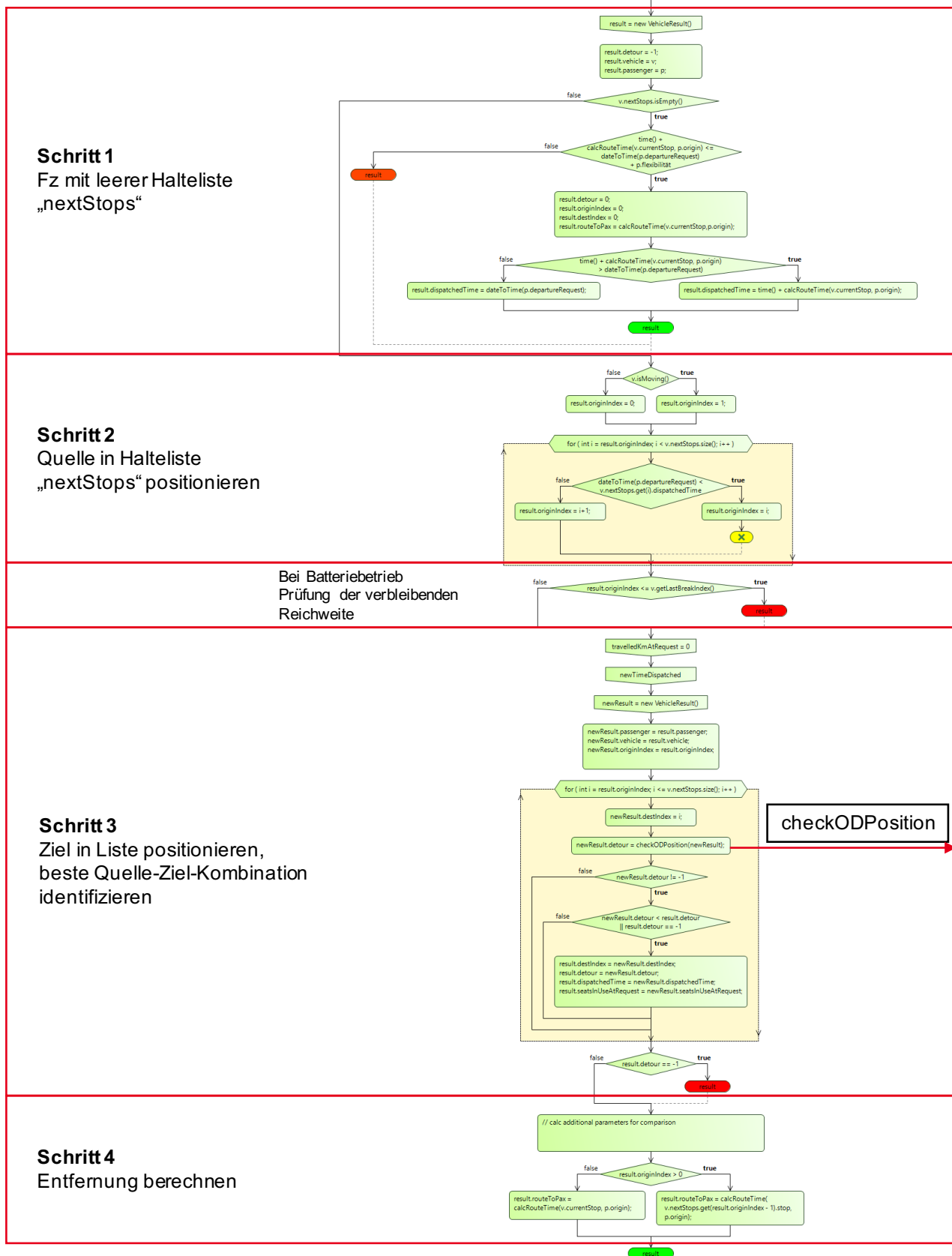
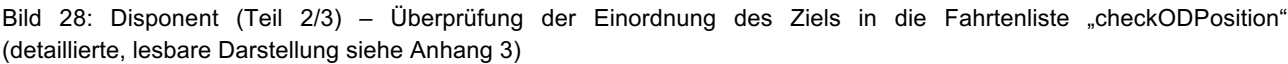


Bild 27: Disponent (Teil1/3) (detaillierte, lesbare Darstellung siehe Anhang 3)



Ablauf der Disposition für jede Fahrthanfrage

Zum Zeitpunkt der Fahrthanmeldung:

Jede Fahrthanfrage aus der Nachfrageliste wird zum Zeitpunkt der Fahrthanmeldung bearbeitet. Zu Beginn wird überprüft, ob die Fahrthanfrage in diesem Modellauf bearbeitet werden soll:

- ÖV-Marker \leq in Modell-Start angegebener Wert,
- Wegedauer $>$ Minimum-Wegezeit (mit Pkw).

Wenn beide Abfragen positiv beschieden werden, wird die Fahrthanfrage mit allen Parametern an den Disponenten übergeben.

Der Disponent überprüft parallelisiert die Eignung jedes einzelnen Fahrzeugs. Bei Eignung des Fahrzeugs werden die anschließend zum Vergleich herangezogenen Werte gespeichert. Bei Nichteignung wird der Wert -1 als Umwegfaktor gespeichert, um die Fahrzeuge im weiteren Entscheidungsprozess nicht weiter zu betrachten.

Für jedes Fahrzeug existiert eine Halteliste „nextStops“ mit den nächsten anzufahrenden Haltepunkten. Diese wird zugrunde gelegt, um herauszufinden, wo die Quelle und das Ziel der neuen Fahrthanfrage am günstigsten in dieser Liste eingepasst werden können.

Der Disponent prüft die Fahrzeuge parallelisiert. Für jedes einzelne Fahrzeug werden dann alle Schritte sequenziell durchgeführt.

Ablauf im Disponenten:

In **Schritt 1** (siehe Bild 27) wird überprüft, ob die Halteliste „nextStops“ für das Fahrzeug leer ist und das Fahrzeug die Quelle der neuen Fahrthanfrage zum gewünschten Zeitpunkt (+ Flexibilität) erreichen kann. Ist die Halteliste leer, wird das Fahrzeug mit dem Umwegfaktor 1 (kein Umweg) und der Fahrzeit zur Quelle der neuen Fahrthanfrage zwischengespeichert.

Wenn das Fahrzeug die Quelle der neuen Fahrthanfrage nicht erreichen kann, wird es durch einen Umwegfaktor „-1“ aussortiert.

Liegen bereits Fahrtbuchungen vor, muss überprüft werden, ob die neue Buchung mit den vorliegenden Buchungen und den gegebenen Randbedingungen kompatibel ist.

In **Schritt 2** wird für die Quelle der neuen Fahrthanfrage eine geeignete Position in der Halteliste „nextStops“ gesucht. Die neue Quelle wird an die Position in der Liste gesetzt, an welcher der nächste, bereits disponierte Halt nach der gewünschten Abfahrtszeit eingeplant ist (siehe Bild 29).

Da das Routing der Fahrzeuge als Matrixrouting umgesetzt ist, können Fahrzeuge während der Fahrt zum aktuell nächsten Halt nicht umgeleitet werden. Hierzu wird überprüft, ob das Fahrzeug aktuell in Bewegung ist. Ist dies der Fall, kann die Quelle der neuen Fahrthanfrage frühestens an zweiter Stelle der Halteliste „nextStops“ eingefügt werden. Ist das Fahrzeug nicht in Bewegung, kann die Quelle der neuen Fahrthanfrage gegebenenfalls auch an erster Stelle der Halteliste „nextStops“ eingesetzt werden.

Das Abbruchkriterium der for-Schleife zum Einsortieren der Quelle in die Halteliste „nextStops“ ist das Überschreiten des Zeitpunkts des Fahrtwunsches.

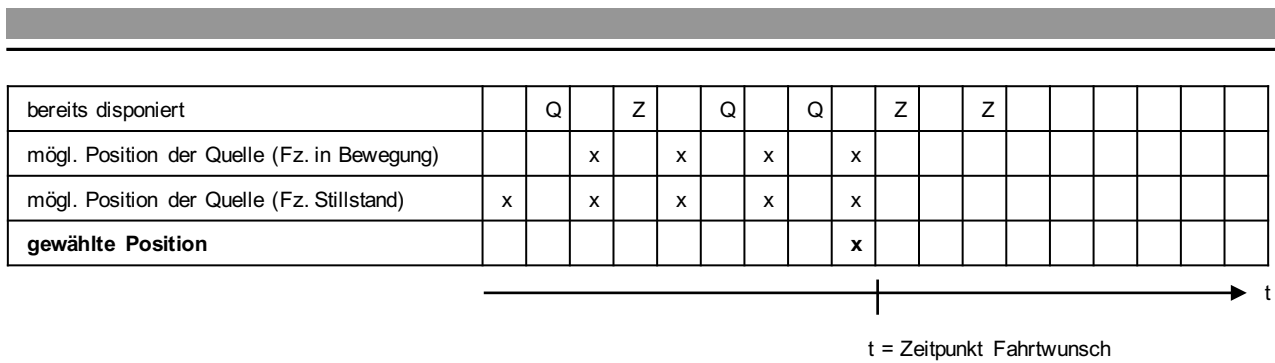


Bild 29: Identifikation der Positionierung der Quelle der neuen Fahrthanfrage in der Halteliste

Anschließend wird in **Schritt 3** für die gewählte Position der Quelle in der Halteliste „nextStops“ die am besten passende Position des Ziels in der Liste gesucht. Dies beginnt mit der Position direkt im Anschluss der Quelle bis das Abbruchkriterium „Abfahrt Quelle + kürzeste Fahrtzeit x max. Umwegfaktor“ erreicht ist:

Für diese Kombinationen der Position von Quelle und Zielen in der Halteliste „nextStops“ werden die folgenden Punkte überprüft:

- Ist bei Zustieg des Fahrgastes überhaupt ein Sitzplatz im Fahrzeug frei (Schritt 3a)?
- Wird die Kapazität des Fahrzeugs durch später erfolgende, bereits disponierte Fahrten nicht überlastet (Schritt 3a)?
- Können die nachfolgenden, bereits eingetragenen Quellen erreicht werden, so dass diese höchstens um 10 Minuten verschoben werden müssen (Schritt 3b)?
- Wird der maximal zulässige Umwegfaktor eines bereits disponierten Fahrgasts durch die Veränderungen in der Fahrtenliste eingehalten (Schritt 3c)?
- Wird der maximal zulässige Umwegfaktor der neuen Fahrthanfrage überschritten (Schritt 3d)?

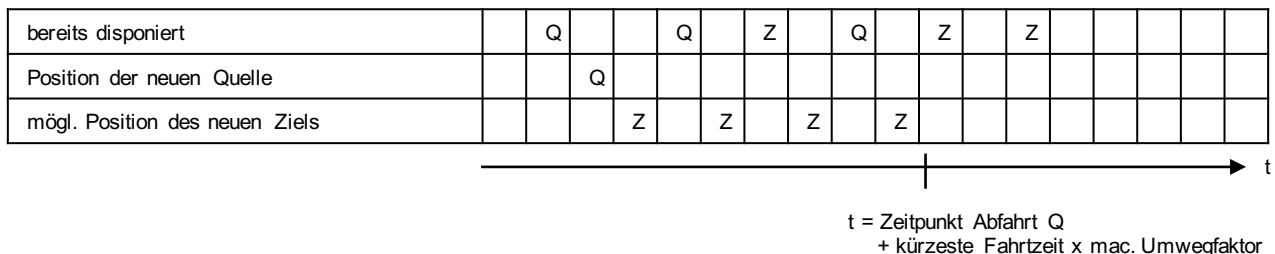


Bild 30: Identifikation der Position des Ziels der neuen Fahrthanfrage in der Halteliste

In **Schritt 4** (siehe Bild 27) wird die Entfernung des Fahrzeugs zur neuen Quelle entweder von der aktuellen Standposition oder der Position des vorangegangenen Halts berechnet und weitergegeben.

So werden Schritt für Schritt alle Kombinationen der Positionierung von Quelle und Zielen, die die Randbedingungen erfüllen, für das aktuell betrachtete Fahrzeug miteinander verglichen. Die jeweils bessere Kombination wird für weitere Vergleiche vorgehalten. Die bessere Positionierung von Quelle und Ziel für das gerade betrachtete Fahrzeug ist so definiert, dass der kleinste Durchschnittswert des Umwegfaktors über alle betroffenen Passagiere maßgebend ist. Das betrachtete Fahrzeug wird mit dem ermittelten durchschnittlichen Umwegfaktor über alle Passagiere und der Anzahl der Passagiere in der Liste der für die Disposition überprüften Fahrzeuge zwischengespeichert.

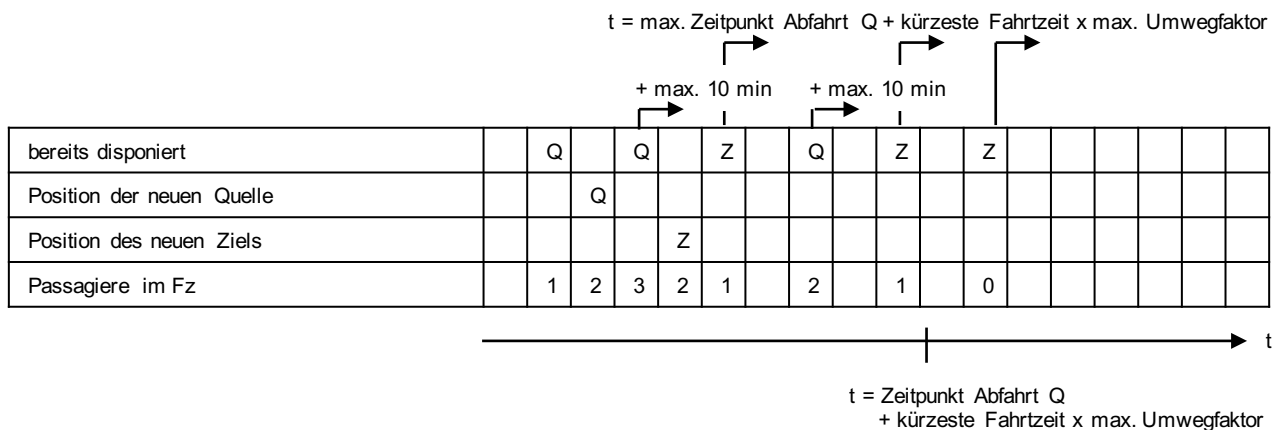


Bild 31: Randbedingungen zur Kombination von Quelle und Ziel in einer bestehenden Halteliste

Auswahl des Fahrzeugs

Nach der Überprüfung aller Fahrzeuge übernimmt in **Schritt 5** die Funktion „processPassengers“. Sie sortiert die Ergebnisse je nach gewählter Dispositionsstrategie und wählt somit das nach der Dispositionsstrategie am besten passende Fahrzeug aus. Anschließend wird die Neuberechnung der Halteliste „nextStops“ des gewählten Fahrzeugs ausgelöst (Funktion „recalculateDispatchedTimes“), die Halteliste an das Fahrzeug übergeben und die Fahrthanfrage als bearbeitet abgeschlossen, so dass der Passagier in der Karte abgebildet wird.

Die Neuberechnung muss durchgeführt werden, da die Abfahrtszeiten an den Quellen durch neu hinzugefügte Fahrten um maximal 10 Minuten verschoben werden können und sich die anschließenden Ankünfte durch die zusätzliche Fahrt innerhalb des vorgegebenen maximalen Umwegfaktors verschieben können.

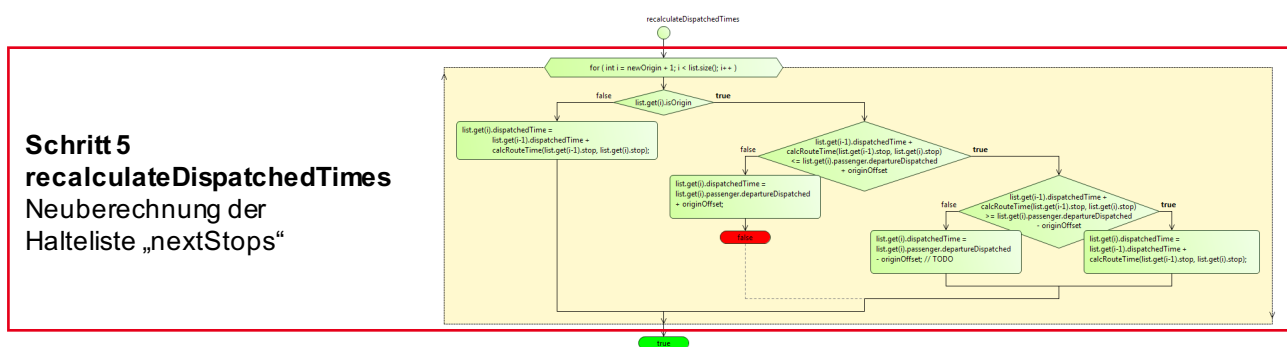


Bild 32: Disponent (Teil 3/3) – Neuberechnung der Fahrtenliste „recalculateDispatchedTimes“ (komplette Darstellung siehe Anhang 3)

5.3 Dateneingabe in das Modell

5.3.1 Basisdaten

Die Basisdaten wurden direkt in AnyLogic in das Modell eingebunden, so dass die Daten nicht bei jedem Modellstart erneut eingelesen werden müssen. Hierbei handelt es sich um die folgenden Datensätze:

- Liste der Haltestellen mit ID und Geokoordinaten,
- Q-Z-Matrix mit kürzester Fahrzeit und Distanz zwischen allen 1.558 Haltestellen,
- alle Nachfragelisten
(jeweils mit fester Voranmeldungsdauer und in leicht variiert dreifacher Ausfertigung;
Voranmeldung Dienstag: 2 Stunden, 30 Minuten, 6 Minuten und Sonntag: 2 Stunden).

Die gewünschte Nachfrageliste kann bei Modellstart ausgewählt werden.

Um das Potenzial des Einsatzes autonomer Fahrzeuge für andere Betrachtungsräume zu untersuchen, müssen die Haltestellenliste, die Q-Z-Matrix und die Nachfragelisten neu generiert werden und direkt in AnyLogic in das Modell implementiert werden. Einer Anpassung an andere Betrachtungsräume steht aber nichts entgegen.

5.3.2 Start der Simulation

Bei Modellstart hat der Nutzer die Wahl, Parameter für einen einzelnen Modellauf im GUI einzugeben, oder auf eine zuvor erstellte Parameterliste zuzugreifen, um eine Parametervariation und damit mehrere Simulationsläufe durchzuführen.

Während der Simulation wird die Bewegung der Fahrzeuge auf einer Karte des Untersuchungsraums angezeigt. Die Besetzung der Fahrzeuge wird durch die Fahrzeugfarbe dargestellt (0 FG: grau, 1 FG: grün, 2 FG: gelb, 3-4 FG: blau, 5-6 FG: lila, 7-8 FG: rot).

Während der Simulationsläufe kann zwischen der Kartenansicht und einer Auswertungsansicht gewechselt werden. Allerdings werden diese Darstellungen so nicht für die Analyse herangezogen. Diese wird auf Basis der Rohdaten durchgeführt.

Kronach

Einzelner Lauf
Läufe aus Tabelle

Angebot

Flottengröße Fahrzeuge

Anteil mit 4 Sitzplätzen %

Anteil mit 8 Sitzplätzen %

Route anzeigen Zufall Fz index

Fahrzeug Reichweite km

Fahrzeug Pausen Dauer min

Disponent maximale Effizienz ▾

☐ Laden während ungeplanten Pausen

START

Nachfrage

2012 Liste 1 - 2h Voranmeldung ▾

☐ Nur Landkreis

	Modal Split des "öff. Verkehrs"	Maximaler Umwegfaktor	Flexibilität [Minuten]	Minimum Wegezeit PKW [Minuten]
Gesamt	<input type="text" value="100.0"/> <input type="checkbox"/>	<input type="text" value="1.4"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="30.0"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="5"/> <input type="checkbox"/>
Erwerbstätige	<input type="text" value="35"/>	<input type="text" value="1.4"/>	<input type="text" value="30.0"/>	<input type="text" value="5.0"/>
Schüler	<input type="text" value="15.0"/>	<input type="text" value="1.4"/>	<input type="text" value="30.0"/>	<input type="text" value="5.0"/>
Auszubildende	<input type="text" value="50.0"/>	<input type="text" value="1.4"/>	<input type="text" value="30.0"/>	<input type="text" value="5.0"/>
Rentner	<input type="text" value="45.0"/>	<input type="text" value="1.4"/>	<input type="text" value="30.0"/>	<input type="text" value="1.0"/>
Sonstige	<input type="text" value="40.0"/>	<input type="text" value="1.4"/>	<input type="text" value="30.0"/>	<input type="text" value="5.0"/>

Bild 33: Modellstart: einzelner Modelllauf (manuelle Eingabe der Parameter)

Kronach

Einzelner Lauf
Läufe aus Tabelle

Excel Datei (Pfad):

Tabellenblatt: ▾

Einlesen
!

START

Bild 34: Modellstart: Parametervariation über Dateneingabe aus einem Excel-Dokument

5.3.3 Ende der Simulation

Zum Abschluss des Simulationslaufs werden die erzeugten Daten in eine vorbereitete Excel-Datei geschrieben. Diese leere Datei muss vorab erstellt und benannt werden, so dass sie aus dem Modell befüllt werden kann.

Zur Auswertung der erzeugten Daten wird diese Excel-Datei bereits mit Pivot-Tabellen, Berechnungen und Grafiken versehen, so dass die Ermittlung der Ergebnisse direkt nach Modellabschluss durchgeführt werden kann. Zum Abschluss des Simulationslaufs schreibt das Modell die Daten in die Excel-Datei und berechnet Werte sowie Pivot-Tabellen, bevor das Dokument gespeichert wird.

Der Zugriff auf die Modellergebnisse und die Extraktion wichtiger Ergebnisse zum Vergleich zwischen Modellläufen ist so anwenderfreundlich umgesetzt.

5.4 Validierung des Modells

5.4.1 Vorbemerkung zur Validierung

Das Reale Verkehrssystem und das Modell sind nicht identisch. Im Modell wird ein Abbild des Systems mit einem speziellen Analyseziel erstellt. Um dieses Analyseziel zu erreichen und möglichst realitätsnahe Aussagen treffen zu können, müssen die Ergebnisse des Modells geprüft und bei großer Abweichung eine Kalibrierung durchgeführt werden, um Abweichungen zu reduzieren.

Aus Mangel an empirisch zu erhebenden Vergleichsdaten, die daher nicht zur Validierung der Simulationsergebnisse herangezogen werden können, geschieht die Validierung anhand von Plausibilitätskontrollen. Zunächst werden die Eingangsdaten auf Konsistenz und Realitätsnähe geprüft. Während der Modellierungsphase werden verschiedene Datenübersichten erstellt, um zu überprüfen, ob die Modellergebnisse Fehler aufweisen und ob die zuvor aufgestellten Randbedingungen eingehalten werden. Für die finale Simulation wurden die Eingangsdaten leicht variiert und jeder Simulationslauf drei Mal mit diesen Variationen durchgeführt, um die Ergebnisse auf Konsistenz zu überprüfen.

Eine Kalibrierung der Eingangsparameter findet nicht statt. Hintergrund ist, dass die Abweichungen der Modellergebnisse zur Realität nicht beziffert werden können, da das Modell einen fiktiven Zustand widerspiegelt.

5.4.2 Validierung der Eingangsdaten

Die Ergebnisse der Haushaltsbefragung wurden mit typischen Durchschnittswerten verglichen (siehe Tabelle 7 MOP 2015/2016). Dabei ist auffällig, dass der Durchschnittswert mit 3,6 Wege/Tag nur bei der Personengruppe Auszubildende übereinstimmt. Bei den anderen Personengruppen fällt der Durchschnittswert niedriger aus. Gespräche, die zur Nachbereitung der Haushaltsbefragung durch die DB durchgeführt wurden, zeigen, dass gerade im Norden des Landkreises tatsächlich weniger Wege zurückgelegt werden, da nur wenige attraktive Ziele vorhanden sind und davon ausgegangen werden muss, dass Fußwege unterrepräsentiert sind. Bei der bestehenden Haushaltsbefragung wird von einer vollständigen Angabe der jeweiligen zurückgelegten Wege ausgegangen, einerseits da die fehlenden Wege nicht ohne großen Mehraufwand ermittelt werden können, andererseits, da das Modell selbst nicht auf diese Wege angewiesen ist.

Zur Ermittlung der jeweils kürzesten Verbindung zweier Haltestellen wird auf die Kartengrundlage OSM zurückgegriffen. Um diese Werte zu verifizieren, wurden die Fahrtdauer stichprobenartig mit Fahrtdauer von Google Maps abgeglichen (264 Stichproben siehe Anhang 3.4). Hier stellt sich eine mittlere Abweichung von -1,26 % bei der Fahrtdauer und eine mittlere Abweichung von +0,45 % bei der Fahrdistanz ein. Die Abweichung der Einzelwerte liegt unter 10 % und kann für die angestrebte Potenzialabschätzung als ausreichend angenommen werden.

5.4.3 Validierung der modellierten Prozesse

Daten werden im Modell durch die Agenten „Vehicle“ und „Passenger“ gesammelt. Alle erzeugten Instanzen werden für die Gesamtauswertung herangezogen.

Die Instanzen der Fahrzeuge können durch die vollständige Aufzeichnung auf eine realistische Abfolge der Haltestellen überprüft werden und darauf, ob die Aufnahme und das Absetzen der Fahrgäste wie geplant abläuft. Da dies je nach Simulationsszenario jedoch über 2.000 Fahrzeuge betrifft, wurde eine Überprüfung stichprobenartig durchgeführt.

Mit der fahrgastbezogenen Übersicht für ein Fahrzeug (Bild 32) wird überprüft, ob die Modellergebnisse den gegebenen Rahmenbedingungen entsprechen. Die geplante Abfahrt darf maximal um die gegebene Flexibilität von der Wunschabfahrtszeit abweichen. Die reale Abfahrtszeit darf maximal um 10 Minuten von der geplanten Abfahrtszeit abweichen. Der Umwegfaktor darf den Grenzwert nicht überschreiten. Diese Darstellungen wurden vor allem in der Konzeptionsphase des Modells dazu genutzt, um Fehler in der Modelllogik aufzuspüren. So wurde sichergestellt, dass für das finale Modell die gegebenen Rahmenbedingungen eingehalten werden.

Angabe Person	Alter	Quelle ID	Ziel ID	Modal	Abfahrt-Wunsch	Abfahrt, geplant	Abfahrt, tatsächlich	Ankunft	Umwegfaktor	perfectRoute	bedient	vehicle	Passenger ID
Erwerbstätig	45	750106	122901	22	05:40:00	05:40:00	05:40:00	06:03:34	1,00	23,57	1	375	9391
Erwerbstätig	54	750130	951016	9	06:05:00	06:25:39	06:25:39	07:17:05	1,38	37,26	1	375	12123
Schüler	14	750131	9901134	3	06:05:00	06:25:23	06:25:55	06:57:19	1,08	29,20	1	375	12140
Schüler	18	750103	9901045	15	06:05:00	06:27:35	06:28:48	07:06:26	1,33	28,32	1	375	12926
Schüler	10	750113	9901035	10	06:05:00	06:26:29	06:29:54	07:08:00	1,33	28,71	1	375	12928
Rentner	69	992307	9901089	25	07:00:00	07:00:07	07:00:07	07:04:24	1,00	4,29	1	375	27597
Erwerbstätig	61	950606	121201	25	07:10:00	07:13:38	07:13:38	07:47:51	1,31	26,08	1	375	29240
Erwerbstätig	26	950616	121201	1	07:15:00	07:14:48	07:14:48	07:47:51	1,26	26,31	1	375	30432
Erwerbstätig	44	150108	121201	15	07:20:00	07:26:59	07:28:25	07:47:51	1,03	18,85	1	375	31411
Erwerbstätig	49	950611	150110	23	07:20:00	07:19:51	07:19:51	07:28:43	1,27	6,96	1	375	31604
Sonstiges	54	150612	150104	3	07:25:00	07:22:46	07:22:46	07:27:54	1,00	5,13	1	375	33395
Erwerbstätig	38	150108	121601	8	07:40:00	07:29:01	07:29:01	07:59:42	1,13	27,16	1	375	36111
Erwerbstätig	43	990813	9901088	21	15:10:00	15:30:44	15:35:44	15:42:23	1,03	6,44	1	375	87021
Erwerbstätig	35	330103	991910	7	15:10:00	15:10:00	15:10:00	15:50:31	1,39	29,23	1	375	87093
Schüler	18	660502	9901035	4	15:15:00	15:22:12	15:22:12	15:45:51	1,31	18,01	1	375	87831
Auszubildender	21	110911	9901105	17	15:15:00	15:28:11	15:32:17	15:39:59	1,17	6,60	1	375	87880
Erwerbstätig	50	9901100	991912	10	15:45:00	15:42:55	15:42:55	15:49:40	1,11	6,08	1	375	91059
Auszubildender	19	951308	9901035	14	15:55:00	15:57:45	15:57:45	16:10:24	1,35	9,37	1	375	92376
Erwerbstätig	36	951105	9901056	27	15:55:00	15:55:04	16:03:29	16:13:50	1,30	7,99	1	375	92457
Erwerbstätig	57	951011	9901109	19	16:00:00	16:00:20	16:00:20	16:12:40	1,27	9,70	1	375	93715
Rentner	72	950616	9901012	20	16:05:00	16:04:30	16:04:30	16:09:44	1,00	5,23	1	375	94696
Erwerbstätig	54	450109	9901027	3	16:15:00	16:31:15	16:32:28	16:58:24	1,39	18,67	1	375	96411
Erwerbstätig	48	450129	9901033	10	16:15:00	16:30:11	16:33:54	16:52:31	1,25	14,87	1	375	97005
Erwerbstätig	40	450106	9901084	25	16:15:00	16:31:52	16:35:58	16:54:09	1,10	16,54	1	375	97131
Erwerbstätig	60	450118	123101	22	16:25:00	16:31:08	16:31:08	18:02:24	1,38	65,97	1	375	98735

Bild 35: Beispiel zu einer fahrgastbezogenen Übersicht zu einem Fahrzeug (ID 375)

Mit der fahrwegbezogenen Übersicht (Bild 36) wird die logische Abfolge der disponierten Haltestellen einzelner Fahrzeuge überprüft. Zusätzlich kann hier ausgewertet werden, wie viele Passagiere sich im Fahrzeug befinden. Für das finale Modell wurden stichpunktartig Prüfungen zum Ausschließen von Fehlern in der Disposition durchgeführt. Die gegebenen Rahmenbedingungen wurden eingehalten.

Die Fahrtmuster der Fahrzeuge wurden während einiger Simulationsläufe optisch überprüft, um Anomalien festzustellen. Einzelne Anomalien konnten identifiziert werden. Mit dieser Hilfestellung konnten deshalb Fehler im Code gefunden und korrigiert werden.

Vehicle ID	Passenger Index	Stop ID	KM from last	Time from last	Einstieg / Ausstieg	Anzahl Passagiere
375	12140	750131	0,22	0,26	Q 1	2
375	12926	750103	2,39	2,88	Q 1	3
375	12928	750113	0,91	1,10	Q 1	4
375	12140	9901134	22,76	27,42	Z -1	3
375	27597	992307	2,31	2,79	Q 1	4
375	27597	9901089	3,56	4,29	Z -1	3
375	12926	9901045	1,36	2,03	Z -1	2
375	12928	9901035	1,32	1,57	Z -1	1
375	29240	950606	4,68	5,64	Q 1	2
375	30432	950616	0,97	1,17	Q 1	3
375	12123	951016	1,90	2,29	Z -1	2
375	31604	950611	2,31	2,77	Q 1	3
375	33395	150612	2,51	2,91	Q 1	4
375	33395	150104	4,25	5,13	Z -1	3
375	31411	150108	0,43	0,52	Q 1	4
375	31604	150110	0,25	0,30	Z -1	3
375	36111	150108	0,25	0,30	Q 1	4
375	31411	121201	15,88	18,85	Z -1	3
375	30432	121201	0,00	0,00	Z -1	2
375	29240	121201	0,00	0,00	Z -1	1
375	36111	121601	9,81	11,85	Z -1	0
375	87093	330103	49,91	60,11	Q 1	1

Bild 36: Ausschnitt einer fahrwegbezogenen Übersicht zu einem Fahrzeug (ID 375)

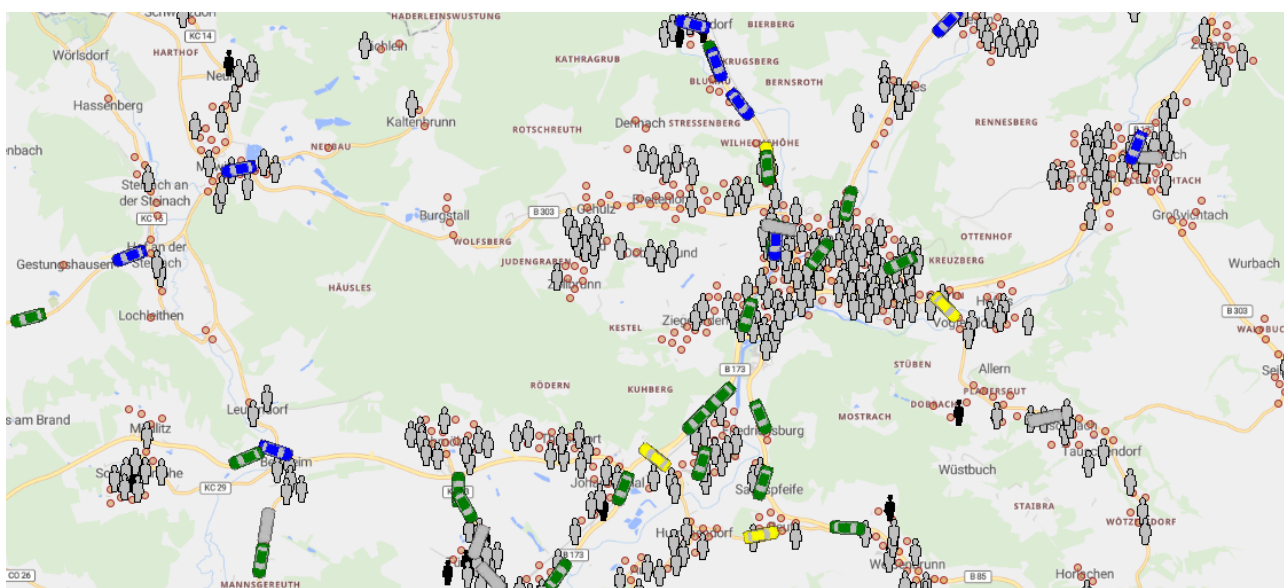


Bild 37: Screenshots aus der Simulation: Zoom auf die Stadt Kronach in Szenario G3.1_2012

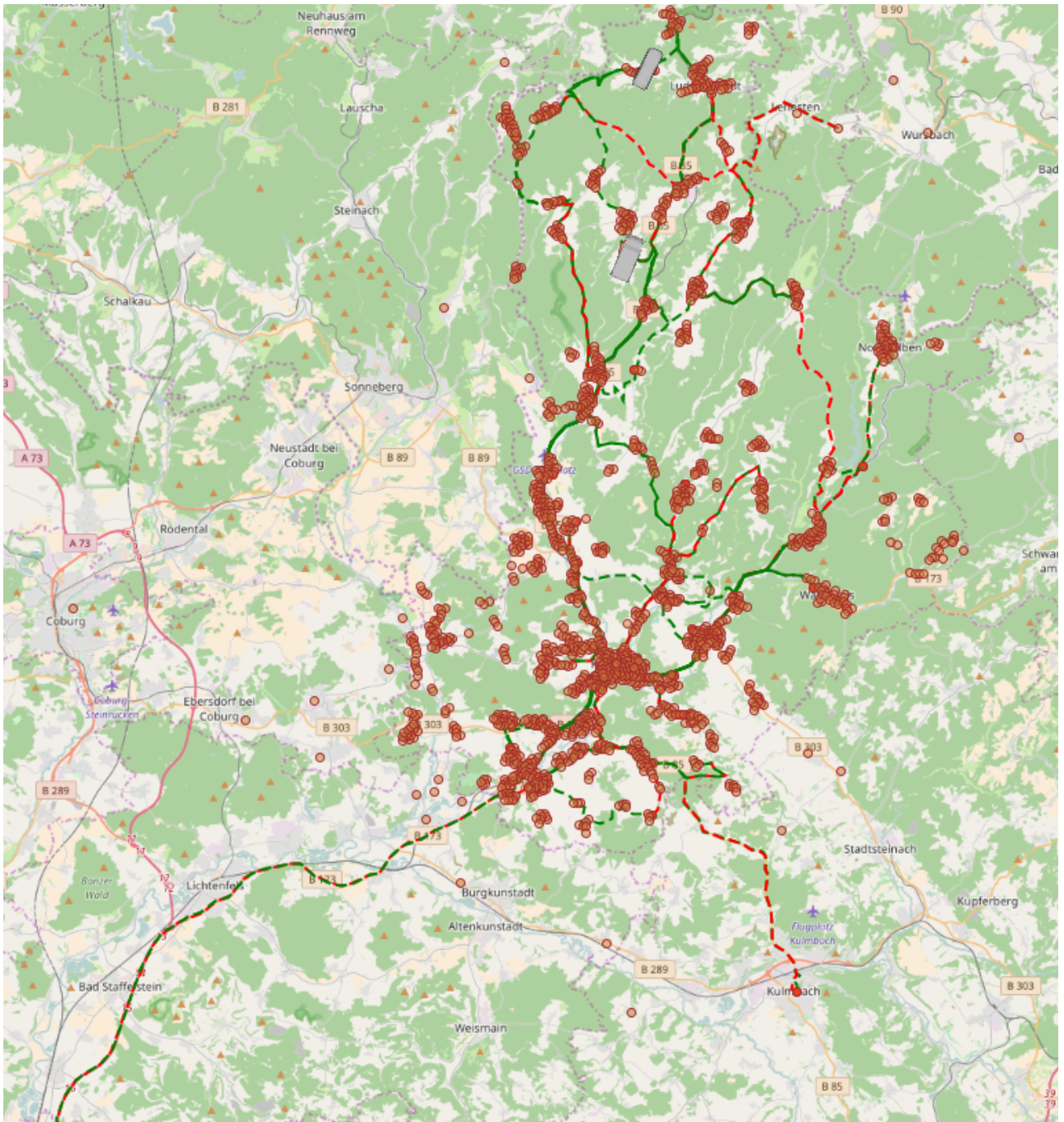


Bild 38: Screenshots aus der Simulation: ganzer Landkreis mit Fahrtspur eines Fahrzeugs (grün mit Passagier, rot Leerfahrt)

5.4.4 Validierung der Simulationsläufe

Für jede Nachfrageliste werden 3 Varianten erstellt, die sich dadurch unterscheiden, dass den einzelnen Fahrtanfragen mittels Zufallswerten verschiedene Haltestellen und Abfahrtszeitwünsche zugeordnet werden. Durch diese Variation der Eingangsdaten kann im Vergleich der Ergebnistabellen eines einzelnen Simulationsszenarios überprüft werden, ob kleine Veränderungen in den Eingangsdaten zu Veränderungen der Ergebnisse führen. Sollte dies nur in geringem Maße der Fall sein, ist davon auszugehen, dass das Modell robust gegenüber kleinen Veränderungen ist.

6 Simulation der Szenarien

6.1 Beschreibung der Szenarien

6.1.1 Festlegung der zu simulierenden Szenarien

Eine Übersicht der entworfenen Simulationsszenarien ist im morphologischen Kasten in Bild 35 gegeben. Die besonderen Spezifikationen der einzelnen Szenarien werden im Folgenden im Überblick erläutert. Zunächst wurden 4 Grundszenarien (G1 - G4) erarbeitet, die sich durch den betrachteten Zeithorizont, das Nachfrageniveau und die daran angepasste Flottengröße unterscheiden. Diese werden im Abschnitt 6.1.3 Grundszenarien eingehender dargestellt. Zusätzlich wurden 9 Ergänzungsszenarien (Z1 - Z9) konzipiert, um die Auswirkungen weiterer Parameter zu überprüfen. Die Ergänzungsszenarien werden im Abschnitt 6.1.4 beschrieben. Eine Übersicht der Simulationsläufe und der gewählten Parameter finden sich in Tabelle 13.

Durch die Variation der genannten Parameter ergeben sich 16 Grundszenarien ($2 \text{ Zeithorizonte} * 4 \text{ Nachfrageniveaus} * 2 \text{ Fahrzeuggrößen} = 16 \text{ Szenarien}$). Die Benennung der Grundszenarien orientiert sich am ÖV-Anteil, gefolgt von der Fahrzeuggröße (1 = 4-Sitzer, 2 = 8-Sitzer) und dem Zeithorizont.

Simulationsläufe für die Szenarien G1 bis G4 werden sowohl für den Status Quo 2012, als auch für den Zeithorizont 2030 sowie zwei verschiedene Fahrzeuggrößen durchgeführt. Darüber hinaus wird jedes Szenario G1-G4_2012 und jedes Szenario G1-G4_2030 auf der Basis drei verschiedener Nachfragelisten simuliert, um Abweichungen zu erkennen und valide Ergebnisse zu generieren. Dementsprechend sind für die Grundszenarien insgesamt 48 Simulationsläufe notwendig.

Für die Ergänzungsszenarien Z1 - Z9 wird hauptsächlich der Zeithorizont 2030 mit 35 % Nachfrage gewählt. Hierfür ergeben sich aufgrund der 3 Nachfragelisten weitere 48 Simulationsläufe. Zusätzlich wurden noch weitere Simulationsläufe durchgeführt, um für die einzelnen Ergänzungsszenarien die benötigte Anzahl an Fahrzeugen zu identifizieren, um 99 % und 99,9 % der nachgefragten Wege abzudecken.

Tabelle 13: Übersicht der Szenarien

Szenarien		Grundszenarien (G1 – G4)												Ergänzungsszenarien (Z1-Z9)																					
		2012 G1 – G4								2030 G1 – G4				Kombination Fahrzeuge	Disposi-tions-regel	Flexibilität Abfahrtszeit	Vor-anmeldung	zulässiger Umwegfaktor	Fz mit Batterie	Sonntag	Kombination	Schüler-verkehr													
		G1.1	G1.2	G2.1	G2.2	G3.1	G3.2	G4.1	G4.2	G1.1	G1.2	G2.1	G2.2	G3.1	G3.2	G4.1	G4.2	Z1.1	Z1.2	Z1.3	Z2	Z3.1	Z3.2	Z4.1	Z4.2	Z5.1	Z5.2	Z6	Z7	Z8.1	Z8.2	Z9.1	Z9.2	Z9.3	
Zeithorizont	2012	X	X	X	X	X	X	X	X																	X							X	X	X
	2030									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
ÖV-Anteil	~ 12 %	X	X							X	X							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	~ 20 %			X	X						X	X						X	X	X	X	X	X	X											
	~ 35 %					X	X							X	X												X	X	X	X					
	"100 %" = ~75%							X	X																X	X						X	X	X	
Mitbetrachtung Schüler	Ohne Schüler																															X			
	Nur Schüler angepasster Anteil	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Fahrzeuggröße	4 Passagiere	X		X		X		X		X		X		X		X		X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	8 Passagiere		X		X		X		X		X		X		X		X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	25% und 75%																	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	50% und 50%																	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	75% und 25%																		X	X	X														
Dispositionsregel	Hoher Komfort																			X															
	Hohe Effizienz	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 min	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	10 min																							X	X					X	X				
	0 min																																		
Dauer Voranmeldung	Spontan (6 min)																							X							X	X			
	30 Minuten																							X						X	X				
	2 Stunden	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							X	X			X	X	X	
zulässiger Umwegfaktor	1,4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										X	X	X	X		
	1,2																									X									
	1,0																										X			X					

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %		~ 35 %		~ 75 %
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeug- größen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %		50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
batterieelektrischer Betrieb	Nein, nicht besonders berücksichtigt			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		Regulär		nur Schülerverkehr	

Bild 39: Morphologischer Kasten zur Beschreibung der Szenarien

6.1.2 Flottengröße

Zur Beurteilung verschiedener Flottengrößen werden vor der Simulation der Szenarien Testreihen durchgeführt. In diesen wird die Fahrzeugflotte beginnend bei 100 Fahrzeugen inkrementell um 25 Fahrzeuge vergrößert. Diese Testreihen werden für die Zeithorizonte 2012 und 2030 sowie Fahrzeugflotten aus 4- und 8-sitzigen Fahrzeugen simuliert; insgesamt 1.123 Simulationsläufe. Für die Ermittlung der Größe der Fahrzeugflotte zur Abdeckung von ~ 75 % Nachfrage wird iterativ zuerst in Schritten von 100 Fahrzeugen vorgegangen. Dies wird anschließend verfeinert.

Das obere Limit wurde in Abhängigkeit der abzuwickelnden Nachfrage festgelegt.

- ~ 12 % Nachfrage – Flottengröße 100 Fz - 1.000 Fz
- ~ 20 % Nachfrage – Flottengröße 100 Fz - 1.200 Fz
- ~ 35 % Nachfrage – Flottengröße 100 Fz - 1.400 Fz
- ~ 75 % Nachfrage – Flottengröße 1.000 Fz - 2.200 Fz

Zielsetzung ist hier, die kleinstmögliche Flottengröße zu identifizieren, die alle Anfragen in einem bestimmten Nachfrageniveau komplett abdecken kann. Diese Werte werden für beide Prognosehorizonte und Fahrzeuggrößen getrennt ermittelt (siehe Tabelle 14). Allerdings zeigt der Verlauf der Kurve der nicht bedienten Fahrtanfragen in Anhang 4.2, dass, um die letzten 1 % der Nachfrage abzudecken, ein erheblicher Mehraufwand betrieben werden muss. Dies ist voraussichtlich auf lange Wege und entlegene Quellen und Ziele zurückzuführen.

Die ermittelten Flottengrößen steigen mit erhöhter Nachfrage, dies passiert allerdings nicht proportional, was darauf schließen lässt, dass Fahrten mit zunehmender Nachfrage besser gebündelt werden können.

Die Flottengrößen für Fahrzeuge mit 8 Sitzen fallen etwas niedriger aus als die Flottengrößen für Fahrzeuge mit 4 Sitzen. Die Spitzenstunden beinhalten neben dem Berufsverkehr auch Teile des Schülerverkehrs.

Tabelle 14: Ermittelte Flottengrößen, um die Nachfrage zu X % abzudecken

	Flottengröße					
	2012			2030		
Fahrzeug	Anzahl Wege/Tag	4 Sitze	8 Sitze	Anzahl Wege/Tag	4 Sitze	8 Sitze
~12 % Nachfrage	14.940	400 Fz	350 Fz	12.191	350 Fz	325 Fz
~20 % Nachfrage	24.345	625 Fz	550 Fz	19.106	475 Fz	400 Fz
~35 % Nachfrage	42.200	1.000 Fz	850 Fz	33.766	750 Fz	675 Fz
~ 75 % Nachfrage	93.600	2.100 Fz	1.650 Fz	74.540	1.550 Fz	1.250 Fz

Die notwendige Fahrzeuganzahl zur Abdeckung des jeweiligen Nachfrageniveaus fällt im Vergleich zu den im Landkreis gemeldeten Fahrzeugen sehr gering aus.

Im Jahr 2015 waren im Landkreis Kronach ca. 42.900 Kfz und 5.000 Krad zugelassen [KBA 2015]. Um ~ 35 % der Nachfrage abzudecken, könnten also grob 1/3 (~ 16.000) der heute zugelassenen Fahrzeuge durch 1.000 4-sitzige Sammelfahrzeuge ersetzt werden. Damit ließe sich die Mobilität in einem vergleichbaren Rahmen gewährleisten, was etwa 6,25 % der heute zugelassenen Fahrzeuge entspräche.

6.1.3 Grundszenarien

In den Grundszenarien wird der Frage nachgegangen, wie ein bestimmter Anteil der Gesamtnachfrage über ein flexibles Angebot mit Pkw abgedeckt werden könnte. Als Zeithorizonte werden die Daten der Bevölkerungsstatistik 2012 und -prognose 2030 herangezogen. Zwei Fahrzeuggrößen werden betrachtet: 4 Sitzplätze und 8 Sitzplätze. Die Grundszenarien decken darüber hinaus vier unterschiedlich starke Nachfragen ab. 12 % der gesamten Nachfrage an Wegen werden heute im ÖPNV zurückgelegt. Allerdings ist anzumerken, dass die nachgefragten Wege hauptsächlich durch Schülerverkehre zustande kommen. Nur 3 bis 4 % der ÖPNV-Wege werden durch Erwerbstätige zurückgelegt.

Unter der Annahme, dass die Einführung eines flexiblen Mobilitätssystems eine Veränderung des Mobilitätsverhaltens in der Region nach sich zieht, und zusätzliche Nachfrage induziert, werden zwei weitere Nachfrageansätze simuliert (~ 20 % und ~ 35 %). Hier ist bewusst der angestrebte Modal Split angegeben. In der Umsetzung der Simulation schwankt dieser leicht, da Wege unterhalb des Grenzwertes der minimalen Wegelänge in der Disposition nicht berücksichtigt werden. In einem weiteren Zukunftsszenario werden alle Wege über den ÖPNV abgedeckt. Um diese Situation zu simulieren, wird auch ein Nachfrageszenario erstellt, das alle Wege umfasst. Aufgrund der Einschränkung, dass nur Wege über 5 Minuten (bzw. über 1 Minute für Senioren) disponiert werden, ergibt sich ein effektiver ÖV-Anteil von 75 %.

In den Grundszenarien wird als Hauptparameter das Nachfrageniveau variiert. Zusätzlich werden zwei Fahrzeuggrößen eingesetzt und die Zeithorizonte 2012 und 2030 für die Erstellung der Nachfragelisten angesetzt. Die Flottengröße wurde wie beschrieben auf das jeweilige Szenario so angepasst, dass alle Fahrtanfragen bedient werden. Die einzelnen Parameter der Grundszenarien können Tabelle 15 entnommen werden.

Ziel der Simulation der Grundszenarien ist es, Antworten auf grundlegende Fragen in Bezug auf die Mobilität im ländlichen Raum zu finden (siehe Kapitel 1.3):

- Ist eine Bündelung von Wegen/Fahrgästen möglich?
- Wie groß ist das Bündelungspotenzial?
- Wie groß sollte eine Fahrzeugflotte sein, um ein bestimmtes Nachfrageniveau abzudecken?
- Ändert sich die Effizienz eines Mobilitätssystems mit Sammelverkehren bei verändertem Nachfrageniveau?
- Sollten eher kleinere oder größere Fahrzeuge eingesetzt werden, um den Flotteneinsatz möglichst effizient zu gestalten/ um ein hohes Bündelungspotenzial zu realisieren?
- Ist ein Fahrzeugmix in der Fahrzeugflotte anzustreben?
- Wie wirken sich die Veränderungen durch den demografischen Wandel auf den Einsatz eines Mobilitätsangebots auf der Basis von Sammelfahrzeugen aus?

Als Hilfsmittel zur Beantwortung dieser Fragen werden in der Simulation die folgenden Parameter ausgewertet:

- Anzahl der bedienten/nicht bedienten Fahrtanfragen,
- zurückgelegte Distanzen (besetzt, leer und abrechenbar),
- Anzahl der Fahrzeuge gleichzeitig im Einsatz,
- Anzahl der Passagiere je Fahrzeug,
- mittlerer Besetzungsgrad der Fahrzeuge,
- realisierter Umwegfaktor über alle Fahrten,
- Betriebszeiten der Fahrzeuge.

Tabelle 15: Übersicht Grundszenarien

Szenarien		Grundszenarien (G1 - G4)															
		2012 G1 - G4								2030 G1 - G4							
		G1.1	G1.2	G2.1	G2.2	G3.1	G3.2	G4.1	G4.2	G1.1	G1.2	G2.1	G2.2	G3.1	G3.2	G4.1	G4.2
Zeithorizont	2012	X	X	X	X	X	X	X	X								
	2030									X	X	X	X	X	X	X	X
ÖV-Anteil	~ 12 %	X	X							X	X						
	~ 20 %			X	X							X	X				
	~ 35 %					X	X							X	X		
	"100 %" = ~75%							X	X							X	X
Mitbetrachtung Schüler	Ohne Schüler																
	Nur Schüler angepasster Anteil	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fahrzeuggröße	4 Passagiere	X		X		X		X		X		X		X		X	
	8 Passagiere		X		X		X		X		X		X		X		X
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	25% und 75%																
	50% und 50%																
	75% und 25%																
Dispositionsregel	Hoher Komfort Hohe Effizienz	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 min	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	10 min																
	0 min																
Dauer Voranmeldung	Spontan (6 min)																
	30 Minuten	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	2 Stunden																
zulässiger Umwegfaktor	1,4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	1,2																
	1,0																

6.1.4 Ergänzungsszenarien

Neun Ergänzungsszenarien werden untersucht, um die Auswirkung einzelner Parameter begutachten zu können. Als Grundlage eines Vergleichs wird hier im Regelfall das Grundszenario G3.1_2030 mit etwa 35 % Nachfrage im Jahr 2030 herangezogen. In den Ergänzungsszenarien wird hauptsächlich der Prognosehorizont 2030 betrachtet. Für die Ergänzungsszenarien Z1 bis Z7 wird jeweils ein Parameter variiert, um dessen Auswirkungen beurteilen zu können. In Ergänzungsszenario Z8 wird eine Kombination aus vielversprechenden Parametervarianten umgesetzt und in Ergänzungsszenario Z9 werden die Auswirkungen des Schülerverkehrs auf ein Mobilitätssystem, basierend auf autonomem Sammelfahrzeugen, betrachtet. Eine Übersicht der Ergänzungsszenarien ist in Tabelle 16 abgebildet.

Für die Szenarien, in welchen durch die veränderten Parameter die Nachfrage nicht mehr abgedeckt werden kann, wird ermittelt, wie groß die Flottengröße ausfallen müsste, um ~ 99 % und ~ 99,9 % der Nachfrage abzudecken. Die Ergänzungsszenarien sind auf den Forschungsfragen in Kapitel 1.3 abgeleitet.

Z1 betrachtet in einem ersten Schritt die Zusammensetzung der Fahrzeugflotte auf Grundlage der Flottengröße einer 4-sitzigen Fahrzeugflotte. Drei verschiedene Zusammensetzungen der Fahrzeugflotte aus 4-sitzigen und 8-sitzigen Fahrzeugen werden simuliert, um Änderungen in der Effektivität des Flotteneinsatzes zu identifizieren.

Z2 untersucht die Auswirkungen einer veränderten Dispositionsregel. Anstatt auf eine hohe Effizienz zu setzen, wird der Komfort des Nutzers in den Vordergrund gestellt. Die Ergebnisse können auf die Fragestellung hin untersucht werden, ob ein höheres Komfortlevel mit einer geringeren Effizienz des Flotteneinsatzes einhergeht und ob beide Ziele sich gegenseitig ausschließen müssen.

Z3 betrachtet in zwei Ergänzungsszenarien die Auswirkungen einer reduzierten Flexibilität in der Abfahrtszeit der Nutzer mit den Eingangsparametern 10 Minuten Flexibilität und keine Flexibilität.

Z4 erforscht weitere Auswirkungen von Flexibilitätskriterien. Hierzu wird die Dauer der Voranmeldung des Fahrtwunsches variiert. Die Dauer wird auf 30 Minuten und 6 Minuten (spontan) reduziert.

Z5 betrachtet als drittes Flexibilitätskriterium den maximal zulässigen Umwegfaktor. Dieser wird von 1,4 auf 1,2 reduziert und zusätzlich mit einem Taxiverkehr ganz ohne Umweg (maximal zulässiger Umwegfaktor 1,0) verglichen. Ergebnisse aus diesen Simulationen können die Frage beantworten, ob ein Sammelverkehr im ländlichen Raum auch mit einem reduzierten maximal zulässigen Umwegfaktor umsetzbar ist.

Z6 öffnet den Blick auf die Veränderungen in der Antriebstechnologie bis zum Prognosehorizont 2030. Es wird untersucht, ob die Umsetzbarkeit eines Sammelverkehrs mit einer batterieelektrisch angetriebenen Fahrzeugflotte gegeben wäre und ob eine Einschränkung der Fahrzeuge durch 350 km Reichweite und 60 Minuten zugehöriger Ladedauer Auswirkungen auf die Effizienz des Flotteneinsatzes haben.

Des Weiteren kann herausgefunden werden, ob in einer utopischen Vorstellung im Jahr 2030 die gesamte Nachfrage im Landkreis mit batterieelektrischen Fahrzeugen im Sammelverkehr bedient werden könnte.

Z7 lenkt den Blick auf Tage mit schwacher Nachfrage. Funktioniert ein solches System bei veränderten Bewegungsmustern der Nutzer an Sonntagen und verändert sich das Bündelungspotenzial? Gerade für den nachfrageschwachen Sonntag wird die benötigte Fahrzeuganzahl ermittelt. An Sams- und Sonntagen könnten Fahrzeuge, die nicht genutzt werden in Stand gehalten werden. Zudem wird die benötigte Größe der Fahrzeugflotte zur 99,9 %-igen Abdeckung der Nachfrage an einem Sonntag ermittelt.

Z8 betrachtet aus den zuvor durchgeführten Analysen sinnvoll erscheinende Kombinationen aus komfortsteigernden Parameterwerten, die einen geringen Einfluss auf die benötigte Fahrzeugflotte aufweisen. Diese Parameteränderungen werden kombiniert und erneut simuliert: Voranmeldung 30 Minuten, Flexibilität 10 Minuten, max. Umwegfaktor 1,2 und 1,4.

Z9 betrachtet den Schülerverkehr separat. Da der Schülerverkehr einen großen Teil der Nachfrage im ÖPNV im ländlichen Raum ausmacht und, wie in 4.4.3 dargestellt ist, der Einsatz von kleinen Sammelverkehrsfahrzeugen für den Schülerverkehr auch Probleme mit sich bringen kann, wird der Schülerverkehr hier gesondert betrachtet. Basierend auf dem Szenario G4.1_2012 wird die Nachfrage ohne Schüler und die ausschließliche Nachfrage von Schülern separat simuliert.

Tabelle 16: Übersicht Ergänzungsszenarien

Szenarien		Ergänzungsszenarien (Z1-Z9)																		
		Kombination Fahrzeuge			Dispositions- regel	Flexibilität Abfahrtszeit		Vor- anmeldung		zulässiger Umwegfaktor		Fz mit Batterie	Sonntag	Kombination	Schüler- verkehre					
		Z1.1	Z1.2	Z1.3		Z2	Z3.1	Z3.2	Z4.1	Z4.2	Z5.1	Z5.2	Z6	Z7	Z8.1	Z8.2	Z9.1	Z9.2	Z9.3	
Zeithorizont	2012										X							X	X	X
	2030	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ÖV-Anteil	~ 12 %																			
	~ 20 %	X	X	X	X	X	X	X	X											
	~ 35 %																			
	~75%										X	X	X	X	X			X	X	X
Mitbetrachtung Schüler	Ohne Schüler																	X		
	Nur Schüler angepasster Anteil	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X			X	X	
Fahrzeuggröße	4 Passagiere	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	8 Passagiere	X	X	X																X
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 %				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	25 % und 75 %	X																		
	50 % und 50 %		X																	
	75 % und 25 %			X																
Dispositionsregel	Hoher Komfort				X															
	Hohe Effizienz	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 min	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X		X	X		X	X	X
	10 min						X								X	X				
	0 min																			
Dauer Voranmeldung	Spontan (6 min)								X											
	30 Minuten							X							X	X				
	2 Stunden	X	X	X	X	X	X					X	X				X	X	X	X
zulässiger Umwegfaktor	1,4	X	X	X	X	X	X	X	X					X				X	X	X
	1,2									X					X					
	1,0										X									

6.2 Erläuterung der Auswertungen

Wie die Ergebnisse grafisch aufbereitet wurden und wie diese Grafiken zu lesen sind, wird hier vorab anhand des folgenden Simulationsszenarios (G1.1_2030) erläutert. Alle Ergebnisse befinden sich in **Anhang 5** und **Anhang 6**.

- Zeithorizont: 2030
- abgebildete Nachfrage: ~ 12 %
- Fahrzeugflotte: 350 4-sitzige Fahrzeuge
- Nachfrageliste: 1
- Umwegfaktor: max. 1,4
- Minimum-Wegedauer: 5 Minuten mit dem Pkw (Senioren: 1 Minute)

Umwegfaktor

Der maximale Umwegfaktor ist als Eingangswert für die Simulation gesetzt (hier 1,4). Abgetragen in Bild 40 ist der mittlere Umwegfaktor kumuliert über den Tagesverlauf. Das dargestellte Beispiel zeigt, dass sich der Mittelwert des realisierten Umwegfaktors bei $(1,0+X)/2$ einpendelt, wobei X dem zulässigen Maximalwerts entspricht.

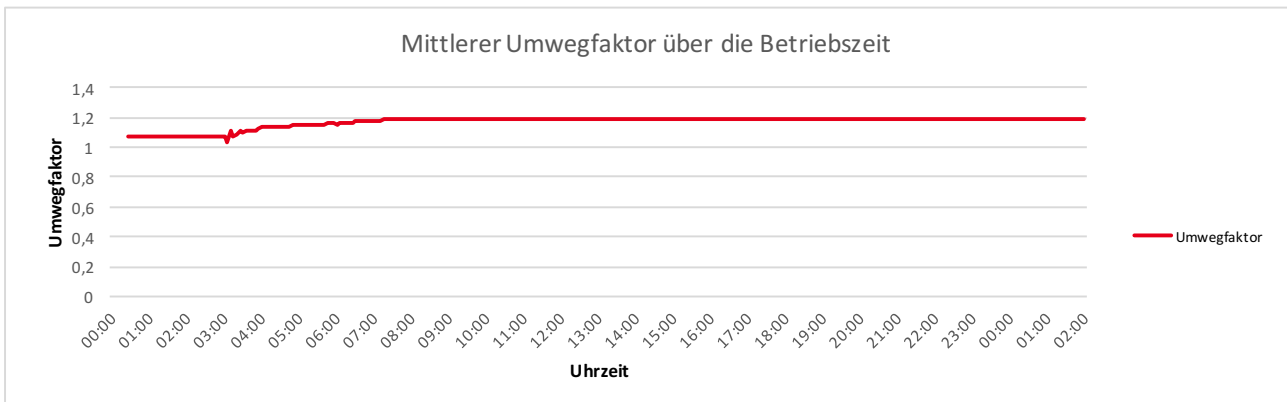


Bild 40: Beispiel der grafischen Aufbereitung „mittlerer Umwegfaktor“ (Szenario G1_2030, 12 % Nachfrage, 350 4-Sitzer)

Anzahl Fahrthanfragen

In Bild 41 „Anzahl Fahrthanfragen“ sind die Fahrthanfragen kumuliert über den Tagesverlauf abgetragen. Der Zeitpunkt der gewünschten Abfahrtszeit und nicht der Fahrthanmeldung ist hier maßgebend. Zusätzlich ist in schwarz die Anzahl der Fahrthanfragen abgetragen, die nicht bedient werden kann. In diesem Beispiel können alle Fahrthanfragen bedient werden.

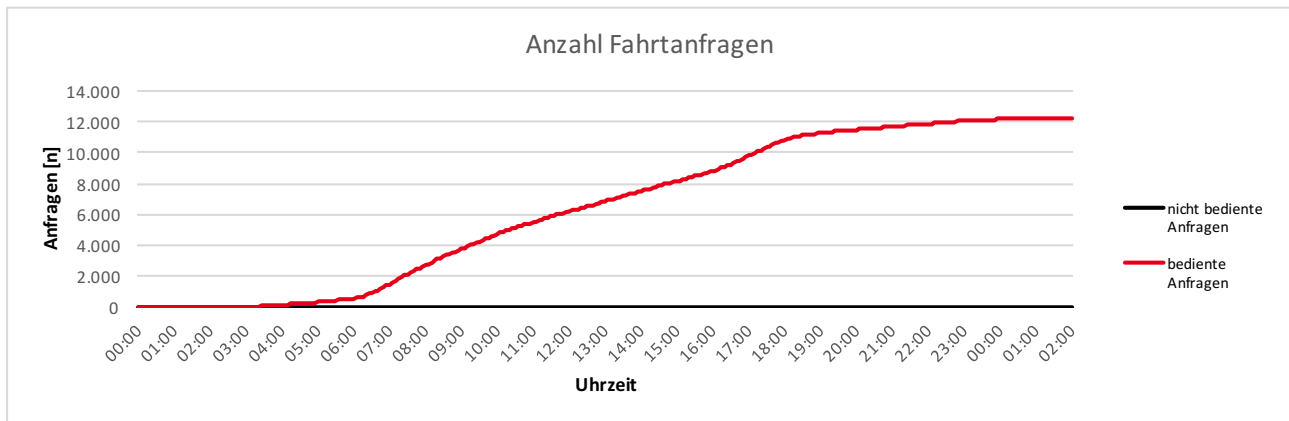


Bild 41: Beispiel der grafischen Aufbereitung „Anzahl Fahrthanfragen“ (Szenario G1_2030, 12 % Nachfrage, 350 4-Sitzer)

Zurückgelegte Distanzen

Über den Tagesverlauf kumuliert wird die Summe der zurückgelegten Distanzen abgetragen (vergleiche Bild 42). Fahrzeuge melden die jeweils letzte Etappe bei Erreichen der nächsten Haltestelle (gefahrte Kilometer). Fahrgäste melden ihre kürzeste Quelle-Ziel-Distanz und damit die für sie abrechenbare Distanz nach Erreichen des Ziels (abrechenbare Kilometer). Dementsprechend sind die Auswertungen zeitlich etwas versetzt zu der Anzahl der Fahrthanfragen dargestellt. In schwarz abgetragen ist die Summe der Fahrzeugkilometer, die insgesamt zurückgelegt werden. In grau ist die Summe der Distanzen abgetragen, die mit besetzten Fahrzeugen zurückgelegt wird, also der direkten Personenbeförderung dient. Die Differenz zwischen schwarz und grau stellt die Summe der Dispositionsfahrten dar, die ohne Fahrgast zurückgelegt werden. Die rote Linie weist die Distanz aus, die den Fahrgästen in einem kilometerbasierten Tarif in Rechnung gestellt werden könnte – die Summe der möglichst kürzesten Quelle-Ziel-Verbindungen.

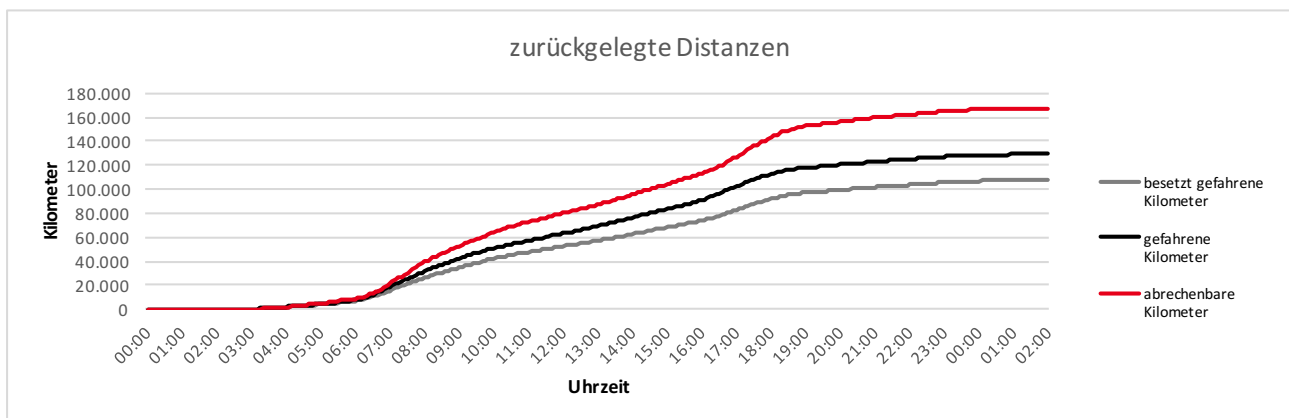


Bild 42: Beispiel der grafischen Aufbereitung „zurückgelegte Distanzen“ (Szenario G1_2030, 12 % Nachfrage, 350 4-Sitzer)

Fahrzeuge in Bewegung

Abgetragen über den Zeitverlauf des Tages ist die Anzahl der Fahrzeuge in Bewegung in Bild 43. Die schwarze Linie weist die Anzahl aller Fahrzeuge auf, die zu diesem Zeitpunkt fahren; die rote Linie nur die Fahrzeuge, die momentan Fahrgäste befördern. Eindeutig erkennbar sind die Tagesspitzen am Vormittag und am Nachmittag, in denen die meisten Fahrzeuge benötigt werden.

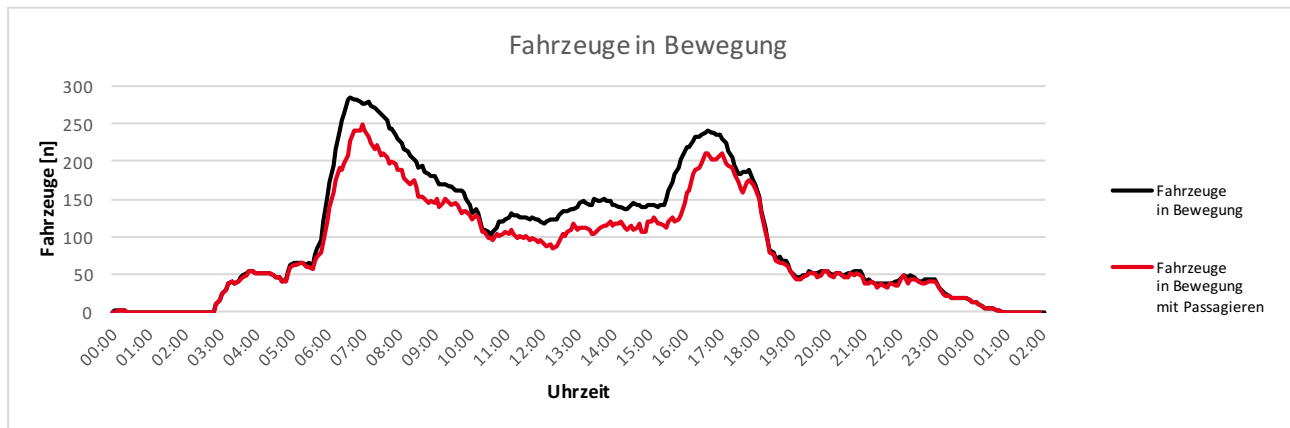


Bild 43: Beispiel der grafischen Aufbereitung „Fahrzeuge in Bewegung“
(Szenario G1_2030, 12 % Nachfrage, 350 4-Sitzer)

Mittlerer Besetzungsgrad

Die Grafik (Bild 44) zeigt, in 5-Minuten Schritten, den jeweils aktuellen mittleren Besetzungsgrad über alle Fahrzeuge, die zu diesem Zeitpunkt Fahrgäste befördern. Die sehr deutliche Spitze zu Beginn zeigt nur eine Fahrt eines einzelnen Fahrzeugs mit zwei Fahrgästen. Die Lücke morgens kann mit verschiedenen Gründen erklärt werden. Aus der Haushaltsbefragung resultierte nur eine geringe Anzahl an Fahrten vor 6 Uhr. Des Weiteren wurden diese Fahrten zufällig auf Basis der typischen Tagesganglinie des HBS verteilt, nach der nur ein sehr geringer Fahrtanteil zwischen 1 Uhr und 3 Uhr morgens stattfindet. Erkennbar ist nach einem relativ konstanten Besetzungsgrad über die Mittagszeit ein sinkender Besetzungsgrad in den späteren Abendstunden.

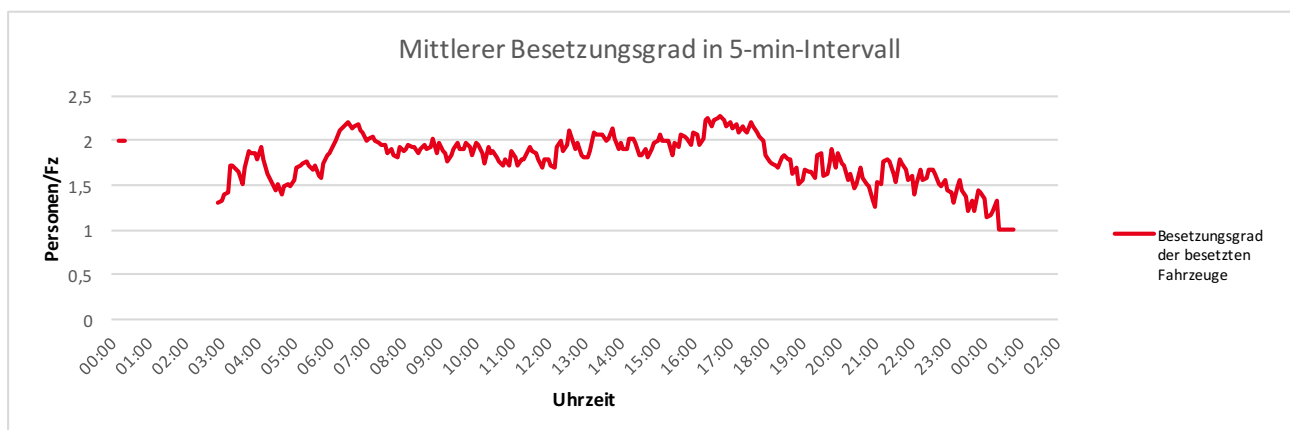


Bild 44: Beispiel der grafischen Aufbereitung „Besetzungsgrad“ (Szenario G1_2030, 12 % Nachfrage, 350 4-Sitzer)

Fahrzeugbesetzung

In der Grafik (Bild 45) kann die jeweils aktuelle Anzahl der Fahrzeuge abgelesen werden, die zu diesem Zeitpunkt eine bestimmte Personenanzahl befördert. Etwa 1/3 der Fahrzeuge sind in diesem Beispiel nur mit einer Person besetzt. Eine Bündelung findet hauptsächlich zu den Spitzenstunden statt. Die Grafik zur Fahrzeugbesetzung für Szenarien mit 8-sitzigen Fahrzeugen ist analog aufgebaut.

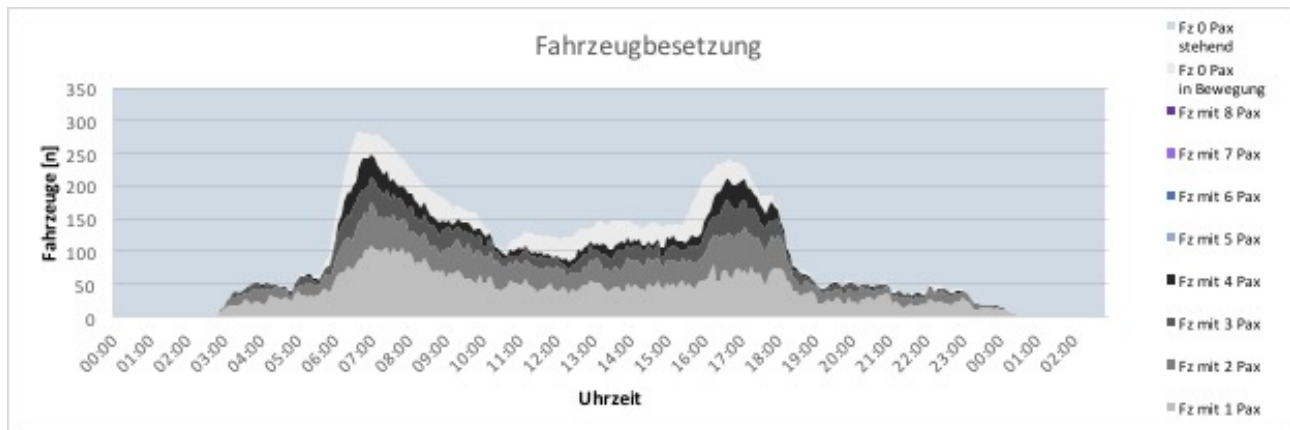


Bild 45: Beispiel der grafischen Aufbereitung „Fahrzeugbesetzung“ (Szenario G1_2030, 12 % Nachfrage, 350 4-Sitzer)

Fahrleistung und Betriebsstunden

In den dargestellten Grafiken (Bild 46) ist abgebildet, welche Streckenlänge durch die einzelnen Fahrzeuge pro Tag zurückgelegt wird (links) sowie die kumulierte Zeit, die jedes einzelne Fahrzeug auf allen seinen gefahrenen Etappen unterwegs ist (rechts). Die Betriebsstunden beziehen sich auf Fahrzeuge in Bewegung. Stand- und Pausenzeiten sind somit nicht abgebildet. Dies ermöglicht eine Abschätzung, ob die Umsetzung eines solchen Sammelverkehrs mit Fahrern möglich wäre. Durch die Auswertung der Fahrleistung kann ebenfalls die Möglichkeit eines batterieelektrischen Betriebs abgeschätzt werden. Beispielsweise legen etwa 43 Fahrzeuge jeweils eine Strecke zwischen 150 und 200 Kilometern zurück und etwa 39 Fahrzeuge fahren zwischen 10 bis 11 Stunden (reine Fahrtzeit).

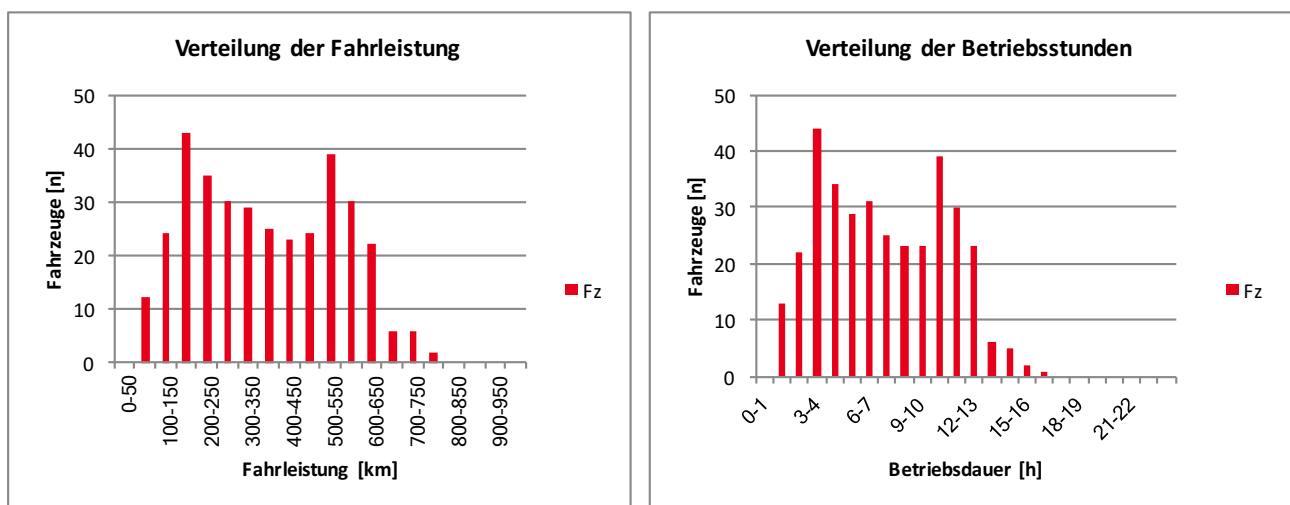


Bild 46: Beispiel der grafischen Aufbereitung „Fahrleistung und Betriebsstunden“ (Szenario G1_2030, 12 % Nachfrage, 350 4-Sitzer)

7 Ergebnisse der Grundszenarien

7.1 Simulationsergebnisse G1 - G4

Die detaillierten Ergebnisse der einzelnen Simulationsläufe der Grundszenarien befinden sich in **Anhang 5**.

Angegeben sind jeweils:

- Eingangsparameter für das Szenario,
- grafische Darstellung der Ergebnisse des Simulationslaufs mit Nachfrageliste 1,
- Gegenüberstellung der Ergebnisse der Simulationsläufe für das Szenario.

Durch den Einsatz von drei verschiedenen Nachfragelisten, deren Erstellung in Kapitel 0 beschrieben ist, konnte nachgewiesen werden, dass die Ergebnisse weitgehend stabil sind. Da sich die Ergebnisse sehr ähneln, wird für die nun folgenden Vergleiche und Analysen jeweils die Nachfrageliste 1 herangezogen.

In Tabelle 17 bis Tabelle 20 sind die Ergebnisse der Grundszenarien dargestellt. Aufgetragen sind jeweils die Ergebnisse aus den Simulationsläufen der Nachfrageliste 1. Zum Vergleich der Simulationsergebnisse der drei Nachfragelisten je Szenario sind die Ergebnisse aller Läufe in **Anhang 5** abgebildet.

Besonders hervorgehoben sind die Anteile der abrechenbaren Distanzen im Vergleich zu den in Summe zurückgelegten Fahrzeugkilometern. Die abrechenbaren Distanzen errechnen sich aus der Summe der kürzesten Quelle-Ziel-Verbindung aller bedienter Fahrtanfragen. Dies entspricht in einem kilometerbasierten Tarif der Summe an Kilometern, welche den Fahrgästen in Rechnung gestellt werden kann. Zusätzlich hervorgehoben sind die Distanz, die je Fahrtanfrage zurückgelegt wird und die Distanz, die dem Fahrgast für die Fahrt in Rechnung gestellt werden könnte.

7.1.1 Darstellung der Simulationsergebnisse G1 - G4 2012

Szenario	Vorbereitung		Grundscenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %		~ 35 %		~ 75 %
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %		50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
batterieelektrischer Betrieb	Nein, nicht besonders berücksichtigt			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Bild 47: Morphologischer Kasten Grundscenarien 2012

Tabelle 17: Vergleich der Szenarien 2012 mit 4-sitzigen Fahrzeugen (Nachfrageliste 1)

Szenario	2012 4-Sitzer			
	G 1.1_2012 ÖV-Anteil ~ 12 %	G 2.1_2012 ÖV-Anteil ~ 20 %	G 3.1_2012 ÖV-Anteil ~ 35 %	G 4.1_2012 ÖV-Anteil ~ 75 %
Fahrtanfragen				
Anzahl Fahrtanfragen [-]	14.940	24.345	42.200	93.600
Fahrtanfragen bedient [-]	14.940	24.345	42.199	93.597
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	0	1	3
daraus erreichter Modal Split	11,83%	19,28%	33,41%	74,11%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Verkehrsleistung (gesamt)				
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	158.731	248.976	407.211	827.979
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	131.222	206.425	338.724	693.613
abrechenbare Personenkilometer [km]	213.119	356.323	618.278	1.365.163
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	27.508	42.552	68.486	134.366
Anteil Leerkilometer	17,33%	17,09%	16,82%	16,23%
Anteil abrechenbare Kilometer *	134,26%	143,12%	151,83%	164,88%
Fahrzeuge				
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	400	625	1000	2100
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	375	599	988	2064
max. Anzahl mit Passagieren [-]	317	503	825	1682
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	397	398	407	394
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	423	416	412	401
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag				
Minimalwert [km]	65	70	74	119
Maximalwert [km]	902	905	961	949
Mittelwert [km]	396	398	407	428
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	533	570	618	650
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag				
Minimalwert [hh:mm]	1:18	1:24	1:29	2:21
Maximalwert [hh:mm]	17:55	18:06	19:22	19:02
Mittelwert [hh:mm]	7:57	8:00	8:10	8:35
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag				
Minimalwert [Passagiere]	2	5	3	8
Maximalwert [Passagiere]	86	94	99	125
Mittelwert [Passagiere]	37	39	42	48
Distanz je Fahrtanfrage				
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	10,62	10,23	9,65	8,85
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,27	14,64	14,65	14,59

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Tabelle 18: Vergleich der Szenarien 2012 mit 8-sitzigen Fahrzeugen (Nachfrageliste 1)

Szenario	2012 8-Sitzer			
	G 1.2_2012 ÖV-Anteil ~ 12 %	G 2.2_2012 ÖV-Anteil ~ 20 %	G 3.2_2012 ÖV-Anteil ~ 35 %	G 4.2_2012 ÖV-Anteil ~ 75 %
Fahrtanfragen				
Anzahl Fahrtanfragen [-]	14.940	24.345	42.200	93.450
Fahrtanfragen bedient [-]	14.940	24.345	42.200	93.447
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	0	0	3
daraus erreichter Modal Split	11,83%	19,28%	33,41%	73,99%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Verkehrsleistung (gesamt)				
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	151.733	228.498	361.172	688.613
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	123.087	187.604	298.493	573.955
abrechenbare Personenkilometer [km]	213.119	356.323	618.283	1.363.814
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	28.646	40.894	62.679	114.657
Anteil Leerkilometer	18,88%	17,90%	17,35%	16,65%
Anteil abrechenbare Kilometer *	140,46%	155,94%	171,19%	198,05%
Fahrzeuge				
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	350	550	850	1650
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	340	531	841	1581
max. Anzahl mit Passagieren [-]	275	443	675	1308
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	434	415	425	417
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	446	430	429	436
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag				
Minimalwert [km]	79	57	74	81
Maximalwert [km]	922	944	894	1039
Mittelwert [km]	434	415	425	473
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	609	648	727	827
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag				
Minimalwert [hh:mm]	1:35	1:08	1:29	1:35
Maximalwert [hh:mm]	18:26	18:54	17:56	20:43
Mittelwert [hh:mm]	8:42	8:19	8:31	9:29
beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag				
Minimalwert [Passagiere]	2	2	3	7
Maximalwert [Passagiere]	87	103	112	141
Mittelwert [Passagiere]	43	44	50	64
Distanz je Fahrtanfrage				
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	10,16	9,39	8,56	7,37
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,27	14,64	14,65	14,59

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

7.1.2 Darstellung der Simulationsergebnisse G1 - G4 2030

Szenario	Vorbereitung		Grundscenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %		~ 35 %		~ 75 %
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %		50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		Spontan (6 Minuten)	
zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
batterieelektrischer Betrieb	Nein, nicht besonders berücksichtigt			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Bild 48: Morphologischer Kasten Grundscenarien 2030

Tabelle 19: Vergleich der Szenarien 2030 mit 4-sitzigen Fahrzeugen (Nachfrageliste 1)

Szenario	2030 4-Sitzer			
Nachfrageliste	G 1.1_2030 ÖV-Anteil ~ 12 %	G 2.1_2030 ÖV-Anteil ~ 20 %	G 3.1_2030 ÖV-Anteil ~ 35 %	G 4.1_2030 ÖV-Anteil ~ 75 %
Fahrtanfragen				
Anzahl Fahrtanfragen [-]	12.191	19.106	33.766	74.540
Fahrtanfragen bedient [-]	12.191	19.106	33.766	74.539
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	0	0	1
daraus erreichter Modal Split	12,25%	19,19%	33,92%	74,89%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Verkehrsleistung (gesamt)				
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	128.970	195.925	328.341	659.505
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	107.260	162.446	270.568	549.436
abrechenbare Personenkilometer [km]	167.159	270.343	476.977	1.051.190
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	21.709	33.478	57.773	110.069
Anteil Leerkilometer	16,83%	17,09%	17,60%	16,69%
Anteil abrechenbare Kilometer *	129,61%	137,98%	145,27%	159,39%
Fahrzeuge				
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	350	475	750	1550
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	284	447	749	1535
max. Anzahl mit Passagieren [-]	250	372	594	1276
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	368	412	438	425
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	454	438	438	430
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag				
Minimalwert [km]	58	86	66	41
Maximalwert [km]	796	871	948	995
Mittelwert [km]	367	412	437	451
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	478	569	636	678
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag				
Minimalwert [hh:mm]	1:08	1:43	1:20	0:49
Maximalwert [hh:mm]	16:00	17:30	19:01	19:51
Mittelwert [hh:mm]	7:22	8:15	8:46	9:03
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag				
Minimalwert [Passagiere]	3	5	4	6
Maximalwert [Passagiere]	83	101	109	118
Mittelwert [Passagiere]	35	40	45	51
Distanz je Fahrtanfrage				
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	10,58	10,25	9,72	8,85
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	13,71	14,15	14,13	14,10

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Tabelle 20: Vergleich der Szenarien 2030 mit 8-sitzigen Fahrzeugen (Nachfrageliste 1)

Szenario	2030 8-Sitzer			
Nachfrageliste	G 1.2_2030 ÖV-Anteil ~ 12 %	G 2.2_2030 ÖV-Anteil ~ 20 %	G 2.2_2030 ÖV-Anteil ~ 35 %	G 2.2_2030 ÖV-Anteil ~ 75 %
Fahrtanfragen				
Anzahl Fahrtanfragen [-]	12.191	19.106	33.766	74.540
Fahrtanfragen bedient [-]	12.191	19.106	33.766	74.540
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	0	0	0
daraus erreichter Modal Split	12,25%	19,19%	33,92%	74,89%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Verkehrsleistung (gesamt)				
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	123.081	182.577	296.314	565.591
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	101.583	148.726	243.610	467.188
abrechenbare Personenkilometer [km]	167.159	270.343	476.977	1.051.202
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	21.498	33.851	52.704	98.404
Anteil Leerkilometer	17,47%	18,54%	17,79%	17,40%
Anteil abrechenbare Kilometer *	135,81%	148,07%	160,97%	185,86%
Fahrzeuge				
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	325	400	675	1250
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	257	391	643	1244
max. Anzahl mit Passagieren [-]	221	326	516	1049
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	379	456	439	452
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	479	467	461	455
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag				
Minimalwert [km]	63	79	67	87
Maximalwert [km]	806	872	948	926
Mittelwert [km]	378	455	439	483
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	514	676	707	841
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag				
Minimalwert [hh:mm]	1:15	1:32	1:21	1:44
Maximalwert [hh:mm]	16:07	17:26	19:01	18:38
Mittelwert [hh:mm]	7:34	9:08	8:48	9:41
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag				
Minimalwert [Passagiere]	3	4	4	6
Maximalwert [Passagiere]	85	104	127	147
Mittelwert [Passagiere]	37	48	50	63
Distanz je Fahrtanfrage				
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	10,10	9,56	8,78	7,59
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	13,71	14,15	14,13	14,10

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

7.2 Analyse der Simulationsergebnisse Grundszenarien G1 - G4

7.2.1 Simulationsergebnisse G1 - G4: Bediente Fahrthanfragen

In fast allen Szenarien reicht die identifizierte Anzahl der Fahrzeuge für alle drei Nachfragelisten aus, um 100 % der Fahrthanfragen zu bedienen.

Der erreichte Modal Split liegt zuverlässig sehr nahe am angestrebten zu modellierenden Wert. Eine genaue Abbildung des jeweils angestrebten Modal Split ist durch die Einschränkung der Nichtbeachtung von Wegen unterhalb der jeweils festgelegten Fahrtdauer nicht möglich (siehe Kapitel 4.4.1).

Der in den Simulationsläufen erreichte Modal Split innerhalb der Szenarien variiert leicht. Die Abweichungen zwischen den Nachfragelisten liegen aber unter 0,5 %-Punkten. Diese Abweichung kann auf die Zufallsvariation innerhalb der Nachfragelisten und auf den Ausschluss kurzer Fahrten von der Disposition zurückgeführt werden.

Die Ergebnisse der drei Nachfragelisten für jedes Szenario zeigen vergleichbare Werte.

7.2.2 Simulationsergebnisse G1 - G4: Durchschnittlicher Umwegfaktor

Der Umwegfaktor über alle Fahrten pendelt sich bei etwa 1,2 ein. Bei den Szenarien mit geringem Nachfrageniveau fällt der erreichte Umwegfaktor mit 1,1954 minimal niedriger aus. Bei Szenarien mit höherem Nachfrageniveau fällt der Wert etwas höher aus. Der höchste Wert wird bei hoher Nachfrage (~ 75 %) und Bedienung durch 8-sitzige Fahrzeuge erreicht. Hier liegt der Wert bei 1,2210.

7.2.3 Simulationsergebnisse G1 - G4: Mittlerer Besetzungsgrad

Der mittlere Besetzungsgrad über alle 4-sitzigen Fahrzeuge pendelt um 2 Personen/Fahrzeug. Beim Einsatz 8-sitziger Fahrzeuge fällt der mittlere Besetzungsgrad erheblich höher aus. Hier pendelt er deutlich stärker und kann 3,75 Personen/Fahrzeug erreichen. In Bild 49 wird durch den Vergleich der Szenarien G 1.1/G 1.2_2012 und G 4.1/G 4.2_2012 ein Korridor aufgezeigt, in welchem sich der mittlere Besetzungsgrad bewegt. Allerdings wird in der Simulation nicht beachtet, dass bereits heute Wege gemeinsam zurückgelegt werden. Bei Realisierung des Verkehrsangebots kann demgemäß von einem leicht höheren Besetzungsgrad ausgegangen werden als aus den Simulationsergebnissen ersichtlich ist.

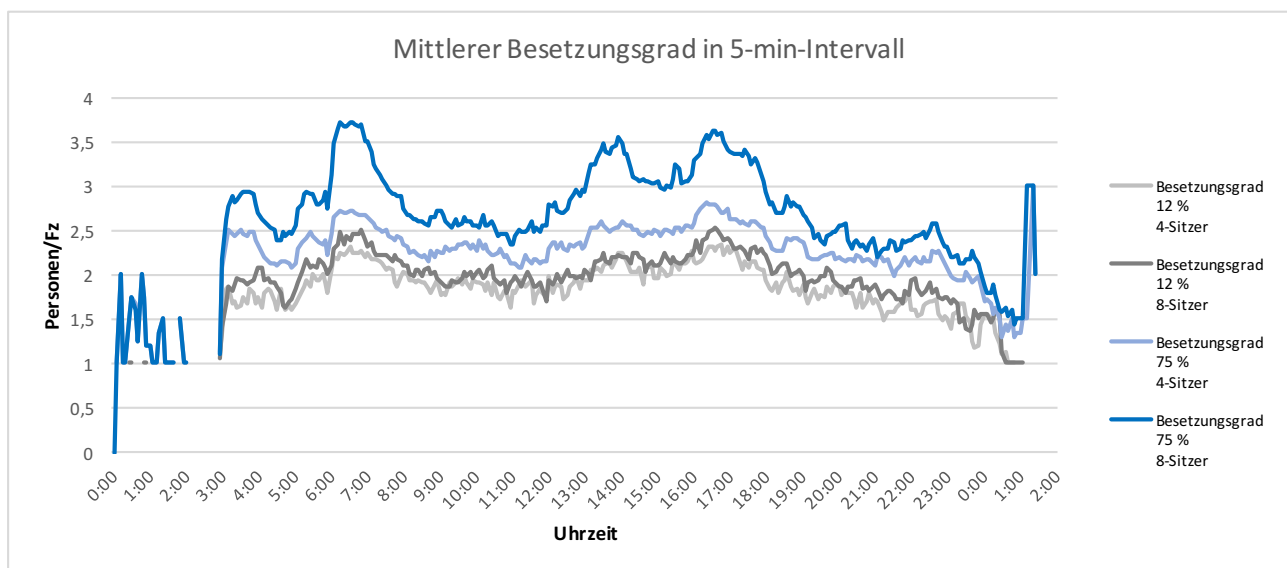


Bild 49: mittlerer Besetzungsgrad im Vergleich G 1.1/G 1.2_2012 (grau) und G 4.1/G 4.2_2012 (blau)

7.2.4 Simulationsergebnisse G1 - G4: Verkehrsleistung

Der Anteil der Leerkilometer bleibt über die Szenarien konstant und pendelt sich bei ca. 17 % für alle Szenarien ein.

Der Anteil der abrechenbaren Kilometer beschreibt die Summe der kürzesten Quelle-Ziel-Verbindungen aller beförderten Personen im Verhältnis zu den tatsächlich gefahrenen Distanzen bei einem kilometerbasierten Tarif. Der Anteil der abrechenbaren Kilometer steigt mit zunehmender Nachfrage und angepasster Flottengröße. So können in den Szenarien mit 4-sitzigen Fahrzeugen (G 1.1 - G 4.1) Anteile von 130 % bis 163 % abgerechnet werden. In den Szenarien mit 8-sitzigen Fahrzeugen (G 1.2 - G 4.2) könnten den Nutzern etwa 25 %- bis 30 %-Punkte höhere abrechenbare Kilometeranteile in Rechnung gestellt werden, als in G 1.1 – G 4.1. Werte von 135 % bis 198 % zu den tatsächlich gefahrenen Kilometern werden erreicht.

Als Beispiel sind in Bild 50 die zurückgelegten und abrechenbaren Distanzen der Szenarien G 3.1_2012 und G 3.2_2012 dargestellt, um den Unterschied der Nutzung von 4- und 8-sitzigen Fahrzeugen zu verdeutlichen.

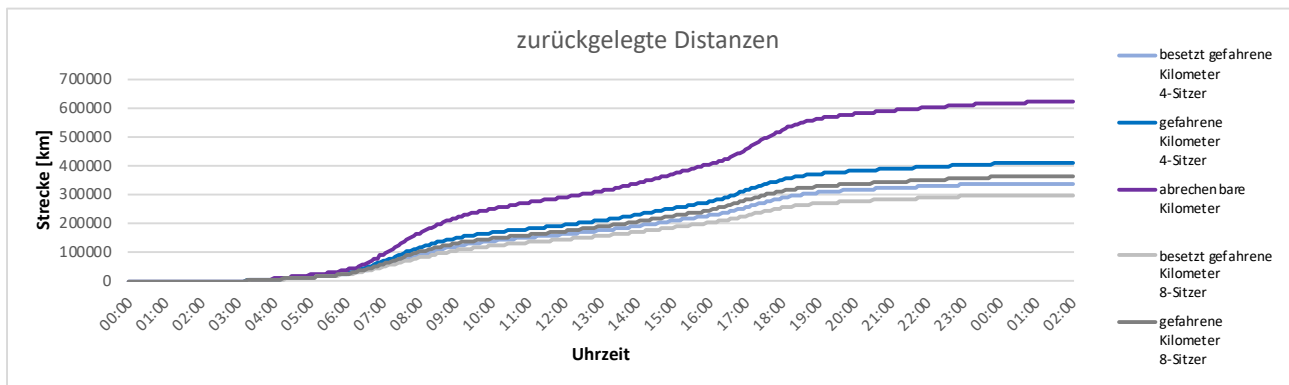


Bild 50: zurückgelegte Distanzen im Vergleich 4-sitzige (G 3.1_2012) und 8-sitzige Fahrzeuge (G 3.2_2012), 35 %

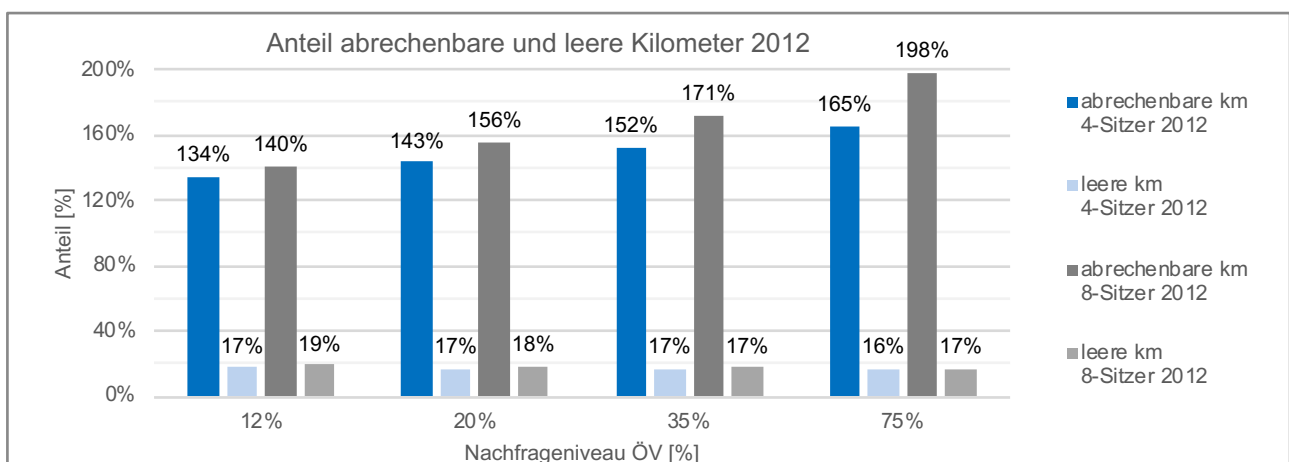


Bild 51: Anteil abrechenbare und leere Kilometer 2012 (gerundete Werte)

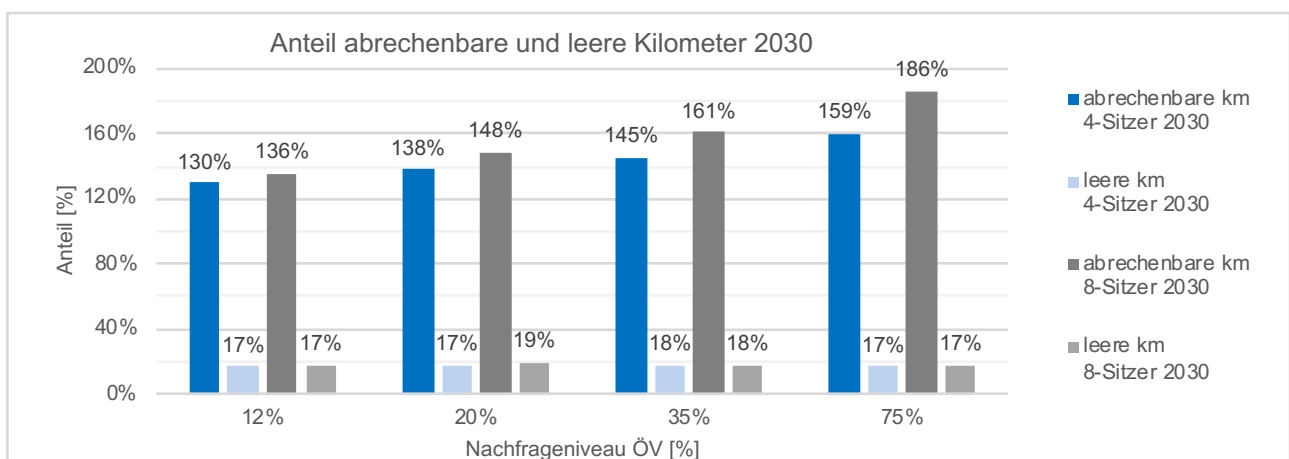


Bild 52: Anteil abrechenbare und leere Kilometer 2030 (gerundete Werte)

7.2.5 Simulationsergebnisse G1 - G4: Fahrzeugeinsatz

Alle im Modell zur Verfügung stehenden Fahrzeuge werden im Tagesverlauf eingesetzt. Allerdings geschieht dies nicht immer gleichzeitig. Auch zu den Spitzenzeiten, unter der Maßgabe, dass alle Fahrtanfragen bedient werden sollen, werden nicht alle Fahrzeuge zeitgleich eingesetzt.

In den Spitzenzeiten sind 15 % bis 20 % der Fahrzeuge auf Dispositionsfahrt, um den nächsten Nutzer abzuholen.

Bei 4-sitzigen Fahrzeugen werden in den Nachfragespitzen etwa $\frac{1}{4}$ der Fahrzeuge voll besetzt. Werden ausschließlich 8-sitzige Fahrzeuge eingesetzt, werden in den Nachfragespitzen ca. 20 % der Fahrzeuge mit mehr als 4 Passagieren belegt. In den Schwachlastzeiten weisen sowohl 4- als auch 8-sitzige Fahrzeuge hauptsächlich eine Besetzung von 1-2 Personen/Fahrzeug auf.

Der Fahrzeugeinsatz folgt den typischerweise bekannten Ganglinien für die Verkehrsnachfrage mit ausgeprägten Spitzen am Vor- und Nachmittag.

Als Beispiel sind in Bild 53 die eingesetzten Fahrzeuge im Tagesverlauf der Szenarien G 3.1_2012 und G 3.2_2012 dargestellt, um den Unterschied im Einsatz von 4- und 8-sitzigen Fahrzeugen zu verdeutlichen.

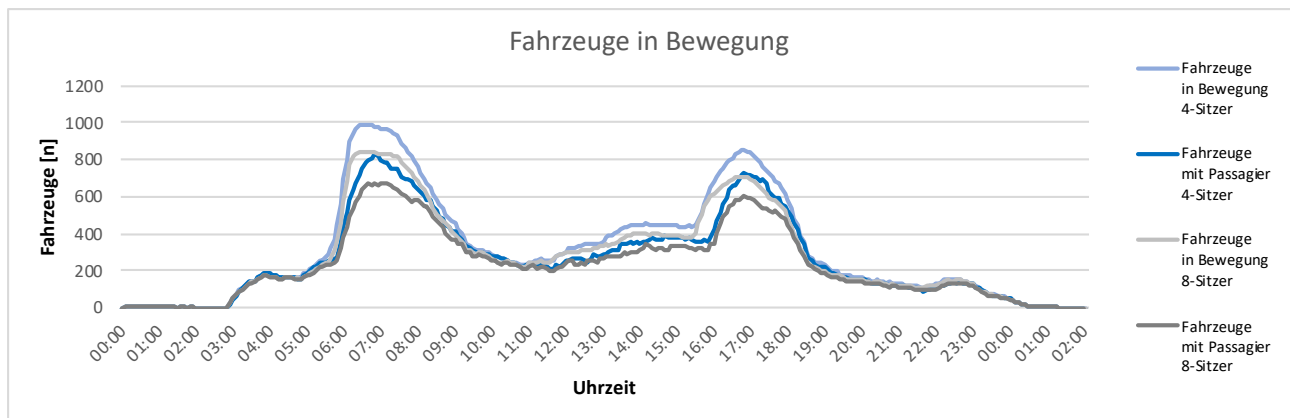


Bild 53: Eingesetzte Fahrzeuge im Vergleich 4-sitzige (G 3.1_2012) und 8-sitzige Fahrzeuge (G 3.2_2012), 35 %

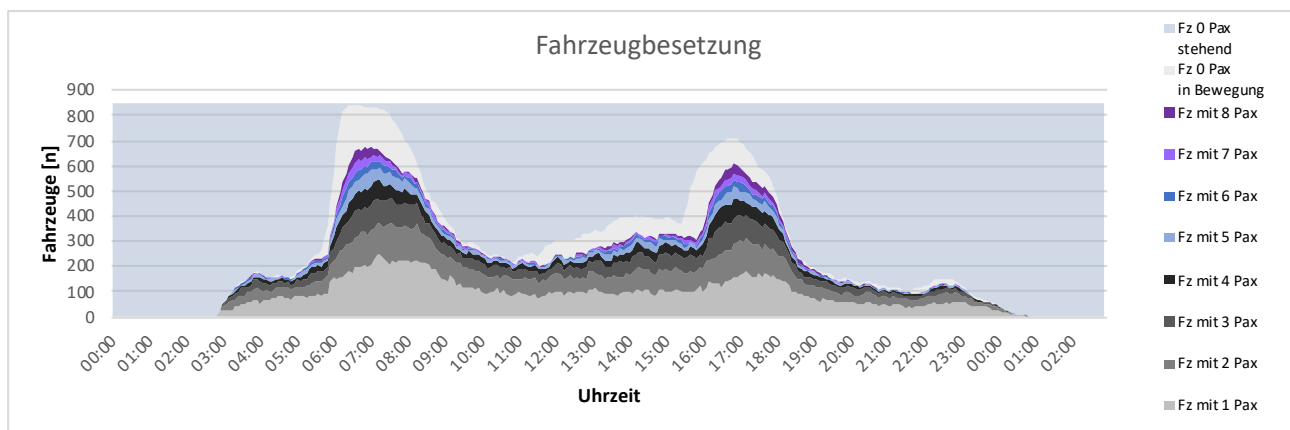


Bild 54: Fahrzeugbesetzung 8-sitziger Fahrzeuge (G 3.2_2012), 35 %

7.2.6 Simulationsergebnisse G1 - G4: Fahrleistung der Fahrzeuge

Die tägliche Fahrleistung der einzelnen Fahrzeuge schwankt stark. Einzelne Fahrzeuge werden nur für wenige Fahrten eingesetzt und legen nur etwa 60 km an einem Tag zurück. Andere Fahrzeuge, die kontinuierlich eingesetzt werden, können bis zu 1.000 km an einem Tag zurücklegen. Im Mittel liegt die Tagesfahrleistung zwischen etwa 360 km/Tag und 490 km/Tag. Bei einem kontinuierlichen Einsatz der Fahrzeuge würden diese bei 300 Werktagen (Montag bis Samstag) im Jahr eine durchschnittliche Jahresfahrleistung zwischen 108.000 km/Jahr und 150.000 km/Jahr erreichen.

Die deutlich schwankende Auslastung der Fahrzeuge ermöglicht es, Wartung und Reinigung im laufenden Betrieb mit einzuplanen, ohne dass deutlich mehr Fahrzeuge als Reserve vorgehalten werden müssen. Samstage sowie Sonn- und Feiertage (siehe Ergänzungsszenario Z7) weisen eine deutlich geringere Fahrzeugnutzung auf.

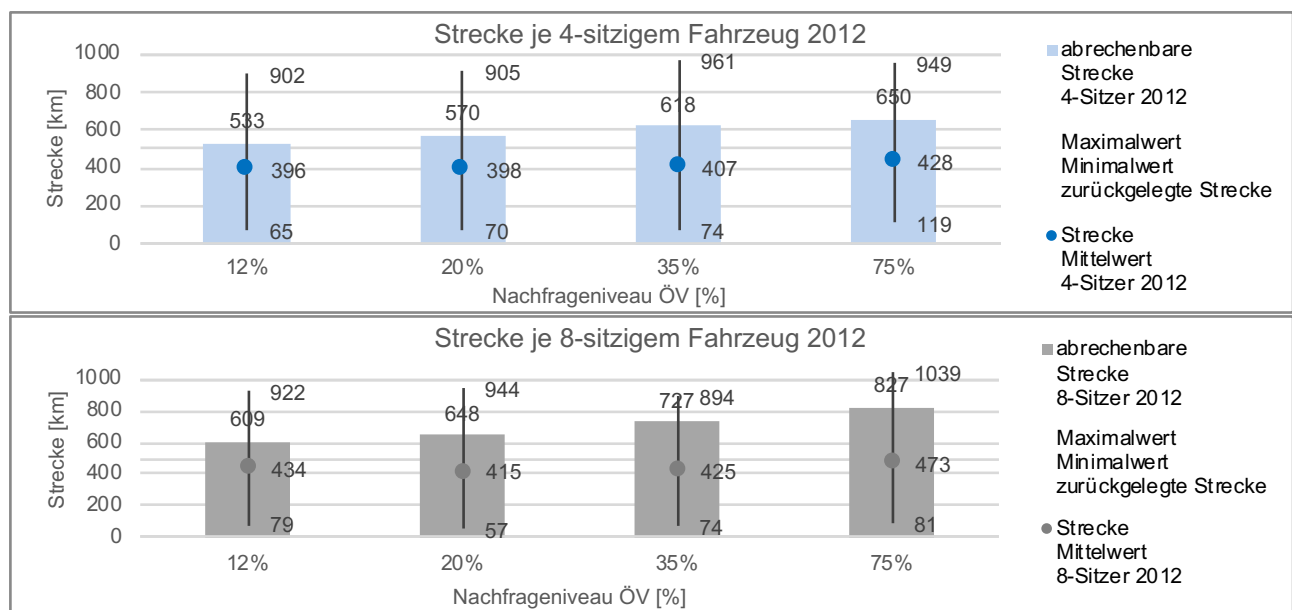


Bild 55: Fahrleistung der Fahrzeuge 4-Sitzer 2012 (blau) 8-Sitzer 2012 (grau)

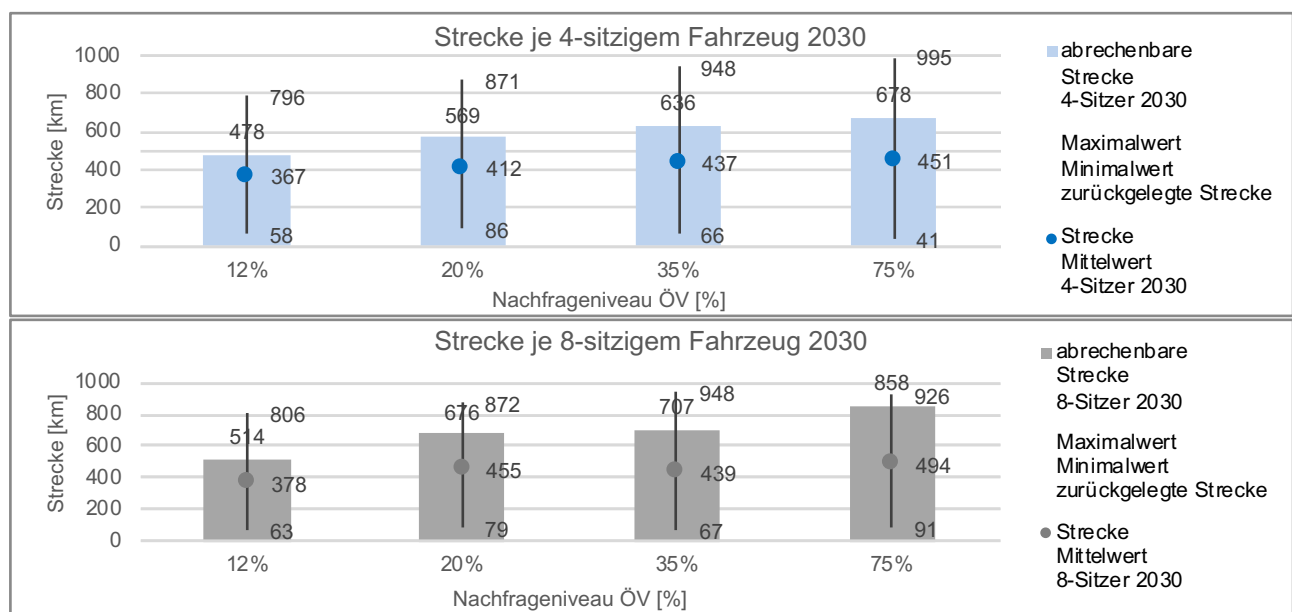


Bild 56: Fahrleistung der Fahrzeuge 4-Sitzer 2030 (blau) 8-Sitzer 2030 (grau)

7.2.7 Simulationsergebnisse G1 - G4: Betriebszeit der Fahrzeuge

Entsprechend des Fahrzeugeinsatzes und der gefahrenen Distanzen schwanken auch die Betriebszeiten der Fahrzeuge sehr deutlich. Fahrzeuge, die wenig eingesetzt werden und wenige Kilometer zurücklegen, weisen auch nur kurze Betriebszeiten auf. Bei viel genutzten Fahrzeugen kann die Betriebszeit vereinzelt die 20-Stundenmarke überschreiten. Im Mittel pendelt sich die mittlere Betriebsdauer zwischen 8 und 9 Stunden ein. Bei der Nutzung 8-sitziger Fahrzeuge fallen die Betriebszeiten etwas länger aus als bei 4-sitzigen Fahrzeugen, da weniger Fahrzeuge eingesetzt werden. Die Betriebszeiten bei 4-Sitzern steigen mit zunehmendem Nachfrageniveau leicht an; bei 8-sitzigen Fahrzeugen schwankt der Wert etwas. Die großen Differenzen der Betriebszeiten lassen darauf schließen, dass noch Möglichkeiten zur Optimierung der Disposition bestehen. Allerdings können durch die deutlichen Nachfragespitzen an einem Tag nie alle Fahrzeuge gleich ausgelastet werden. Dieser Ausgleich kann nur über mehrere Tage geschaffen werden.

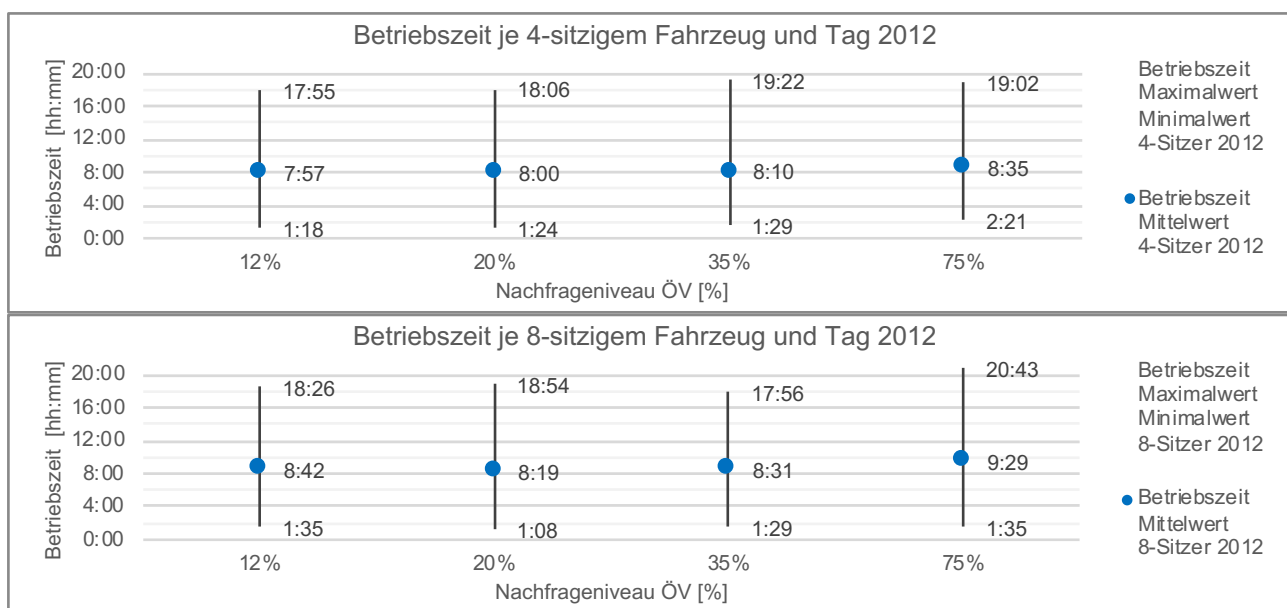


Bild 57: Betriebszeit der Fahrzeuge 4-Sitzer 2012 (blau) 8-Sitzer 2012 (grau)

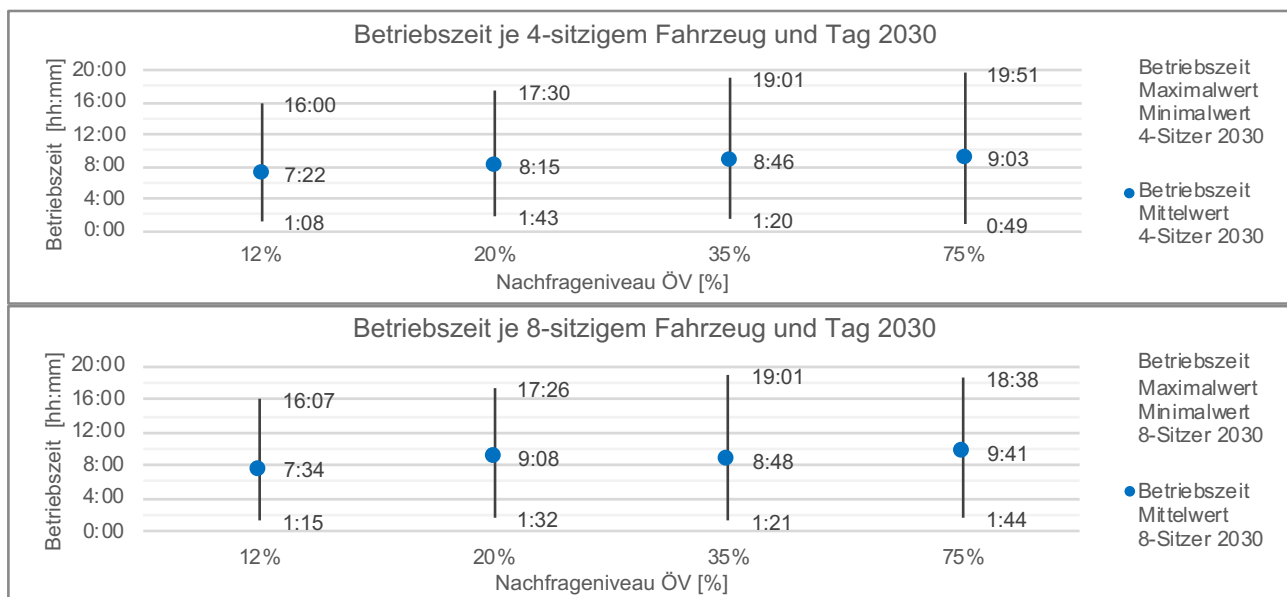


Bild 58: Betriebszeit der Fahrzeuge 4-Sitzer 2030 (blau) 8-Sitzer 2030 (grau)

7.2.8 Simulationsergebnisse G1 - G4: Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag

Die Anzahl der beförderten Passagiere je Fahrzeug und Tag schwankt entsprechend der Zuteilung der Fahrtanfragen je Fahrzeug. Einzelne gering ausgelastete Fahrzeuge befördern weniger als 10 Passagiere pro Tag. Der Mittelwert bewegt sich von knapp 40 Passagieren/Fahrzeug und Tag bis zu gut 50 Passagieren/Fahrzeug und Tag abhängig von der Fahrzeuggröße, dem ÖV-Anteil und dem Zeithorizont.

Wie in Kapitel 6.1.2 beschrieben, wird ein nicht unerheblicher Anteil der Fahrzeugflotte benötigt, um von einer Bedienung von 99 % der Fahrtanfragen auf 99,9 % bzw. 100 % der Fahrtanfragen zu kommen. Daher ist es gut nachvollziehbar, dass einzelne Fahrzeuge deutlich geringere Werte aufweisen.

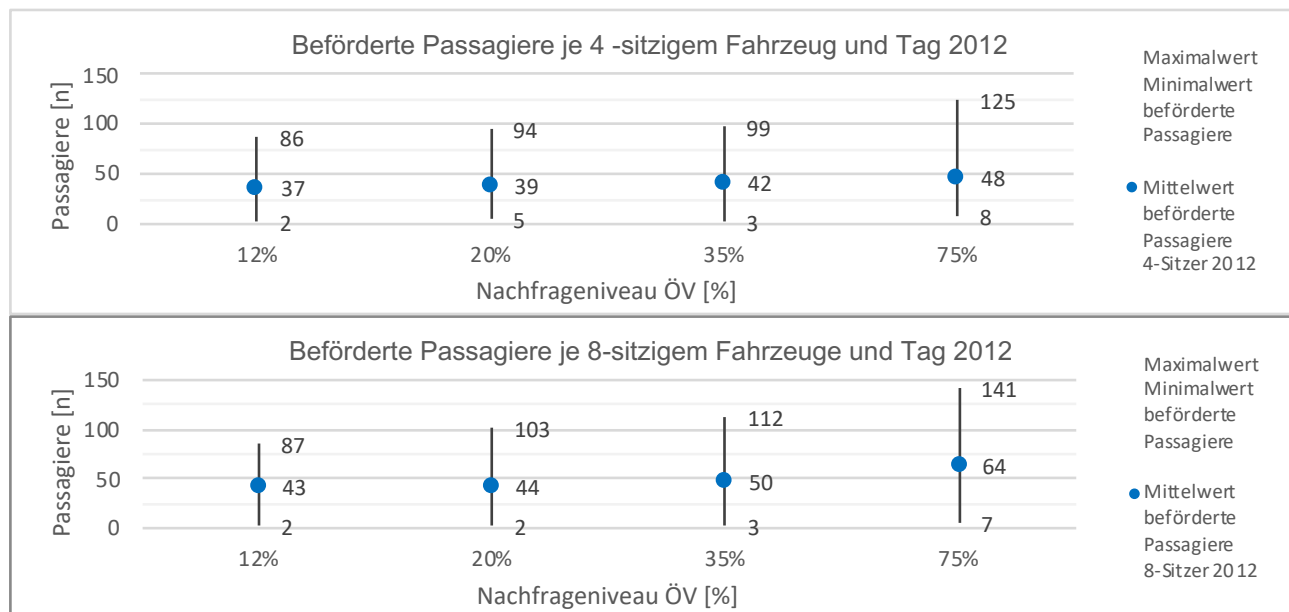


Bild 59: Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag 4-Sitzer 2012 (blau) 8-Sitzer 2012 (grau)

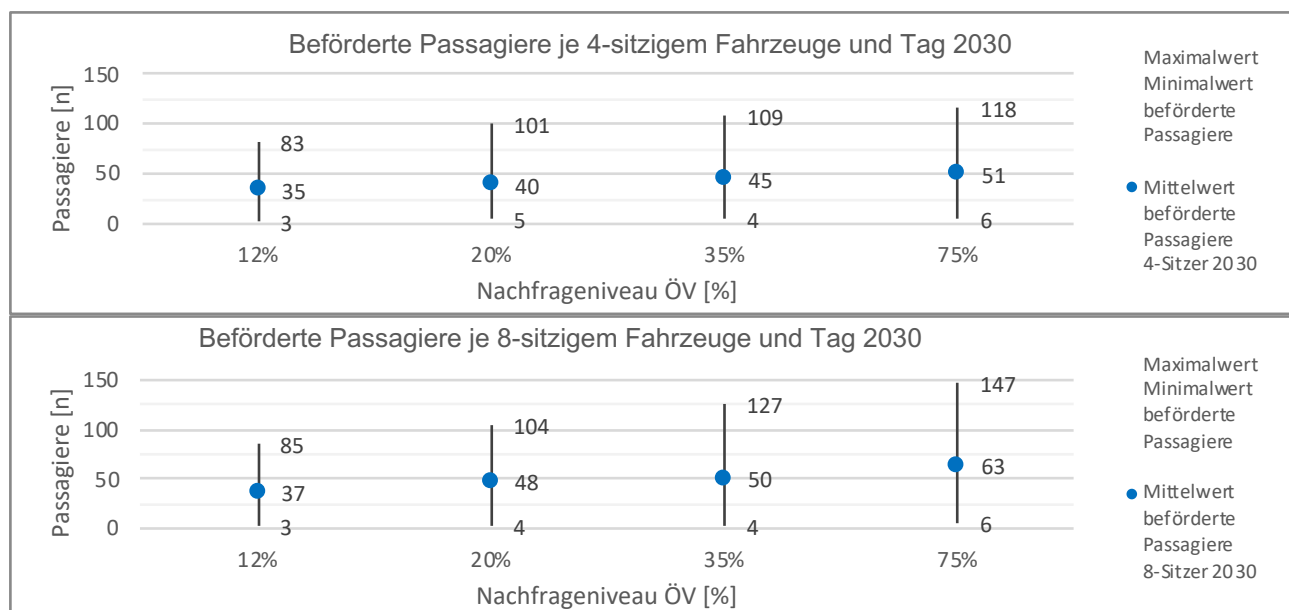


Bild 60: Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag 4-Sitzer 2030 (blau) 8-Sitzer 2030 (grau)

7.2.9 Simulationsergebnisse G1 - G4: Distanz je Fahrthanfrage

In den folgenden Bildern ist die tatsächlich gefahrene, gemittelte Distanz je Fahrthanfrage der abrechenbaren Strecke je Fahrthanfrage gegenübergestellt. Während die abrechenbare Distanz je Fahrthanfrage nur sehr gering wächst, fällt der Wert der zurückgelegten Distanz je Fahrthanfrage erheblich niedriger aus.

Die Werte für den Zeithorizont 2030 zeigen, dass nach der Extrapolation der Nachfrage mit gleichbleibendem ÖV-Anteil tendenziell kürzere Wege zurückgelegt werden und durch die reduzierte Nachfrage eine geringfügig schlechtere Bündelung realisiert werden kann. Dieses Resultat verdeutlicht die sich verändernden Mobilitätsgewohnheiten der älter werdenden Gesellschaft. Dadurch, dass mehr Senioren Fahrthanfragen stellen, werden auch verstärkt kürzere Wege zurückgelegt.

Die abrechenbare Distanz ist hier für die Simulationsläufe mit 4- und 8-sitzigen Fahrzeugen nur einmal abgetragen, da sich die abrechenbare Distanz durch unveränderte Nachfrage zwischen beiden Szenarien nicht verändert.

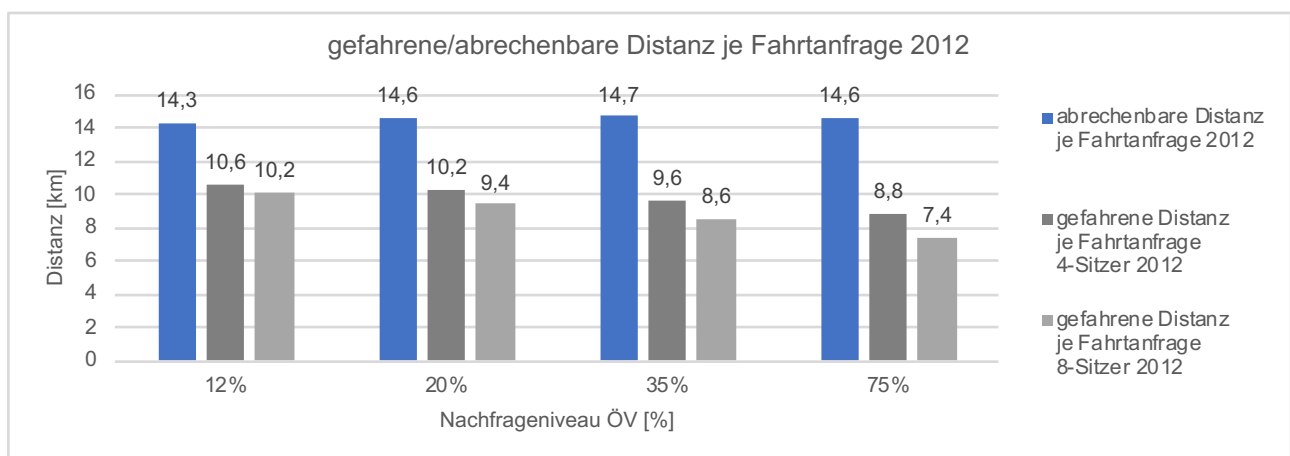


Bild 61: Distanzen je Fahrthanfrage 2012

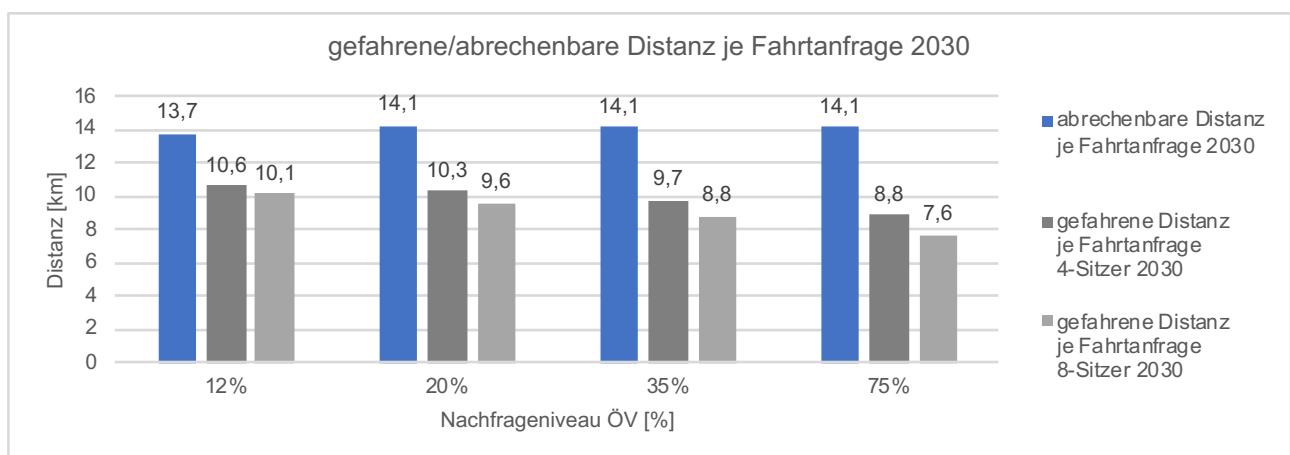


Bild 62: Distanzen je Fahrthanfrage 2030

7.3 Zwischenfazit zu den Grundszenarien

Die folgenden Aussagen treffen auf Simulationen mit Fahrzeugflotten zu, die zu jeweils 100 % aus 4- bzw. 8-sitzigen Fahrzeugen bestehen. Die Simulationsparameter (Voranmeldung, Flexibilität, Minimum der Wegedauer) sind konstant:

1. Die vorgegebene Nachfrage kann mit angepasster Flottengröße in allen Szenarien zuverlässig mit Sammelverkehren abgedeckt werden.

Alle Fahrtanfragen werden innerhalb der gesetzten Parameter abgewickelt. Auch bei einer vergleichbar niedrigen Nachfrage zeigt das Modell, dass Bündelungspotenzial für einen Sammelverkehr auch im ländlichen Raum gegeben ist. Vor allem in den Spitzenstunden kann ein mittlerer Besetzungsgrad von über 2 Personen/Fahrzeug erreicht werden, was im Vergleich zu einem typischen Besetzungsgrad im MIV von 1,2 Personen/Fahrzeug hoch ausfällt.

2. Veränderungen der Nachfrage für die Zeithorizonte 2012 und 2030 liefern bei angepasster Fahrzeugflotte ähnliche Ergebnisse hinsichtlich der Anteile der Leerkilometer und der abrechenbaren Personenkilometer. Die gefahrenen Distanzen je Fahrtanfrage sinken, somit kann der Anteil der abrechenbaren Kilometer in Summe erhöht werden.

Grundsätzlich liefern die Ergebnisse für beide Zeithorizonte vergleichbare Ergebnisse. Ein Sammelverkehr kann bei unterschiedlichen Nachfrageniveaus ökonomisch umgesetzt werden. Das Verkehrssystem kann als robust gegenüber langfristigen äußeren Einflüssen angesehen werden. Die Bündelung der Fahrten nimmt mit erhöhtem Nachfrageniveau zu. Die Möglichkeit, Fahrten zu bündeln, fällt in den Szenarien mit Zeithorizont 2030 etwas geringer aus. Dies kann auf eine geringere absolute Nachfrage zurückgeführt werden, da die Bevölkerung bis 2030 nach der genutzten Prognose schrumpft und eine ältere Bevölkerung tendenziell kürzere Strecken zurücklegt [BERTELSMANN STIFTUNG 2017].

3. Der durchschnittliche Umwegfaktor pendelt sich bei etwa $(1,0+X)/2$ des zulässigen Maximalwerts (X) ein.

Der maximal zulässige Umwegfaktor für die betrachteten Szenarien liegt bei 1,4. In den Simulationsläufen wird der Umwegfaktor nicht überschritten. Der Durchschnittswert über den Tag pendelt sich mit morgens anlaufender Nachfrage sehr schnell bei etwa $(1,0+X)/2$ – hier 1,2 – ein und verändert sich über den Tagesverlauf nur minimal.

4. Der mittlere Besetzungsgrad nimmt bei steigender Nachfrage und daran angepasster Fahrzeugflotte zu.

Der mittlere Besetzungsgrad bewegt sich in den Szenarien mit geringer Nachfrage um 2 Personen/Fahrzeug, in den Szenarien mit höherer Nachfrage um 2,5 Personen/Fahrzeug. Szenarien mit einer Fahrzeugflotte aus 8-sitzigen Fahrzeugen weisen einen etwas höheren Mittelwert auf. Gerade in den Spitzenstunden macht sich die zusätzliche Kapazität der Fahrzeuge bemerkbar. In den nachfragestarken Szenarien mit 8-sitzigem Fahrzeug steigt der durchschnittliche Besetzungsgrad in den Tagesspitzen bis über 3 Personen/Fahrzeug. Bei Realisierung des Angebots ist mit einem weiteren leichten Anstieg des Besetzungsgrades zu rechnen, da auch heute schon Wege gemeinsam zurückgelegt werden und dies nicht in der Simulation abgedeckt ist.

5. Der Anteil der abrechenbaren Kilometer steigt und der Anteil der leer gefahrenen Strecken fällt bei steigender Nachfrage und daran angepasster Fahrzeugflotte.

Bei steigender Nachfrage und daraus resultierendem höheren Bündelungspotenzial nimmt in einem kilometerbasierten Tarif der Anteil an abrechenbaren Kilometern zu. Eine effizientere Ressourcennutzung ist so möglich.

Dispositionsfahrten – Fahrten ohne Fahrgast, um zum nächsten Fahrgast zu gelangen – können nicht abgerechnet werden. Eine Reduktion des Anteils an Dispositionsfahrten bedeutet, dass Fahrzeuge besser ausgelastet sind und im System geringere Kosten durch Leerfahrten anfallen. Zusätzlich bestätigt dieses Ergebnis die bessere Bündelungsfähigkeit von Wegen bei erhöhter Nachfrage.

6. Die mittlere Betriebszeit steigt bei Zunahme der Nachfrage und daran angepasster Fahrzeugflotte.

Die Übersicht über die Betriebszeiten der Fahrzeuge ermöglicht eine grobe Abschätzung, ob der Betrieb mit Fahrern umsetzbar wäre. Da ein großer Teil der Fahrzeuge mehr als 6 Stunden fährt (reine Fahrzeit – ohne Pausen), wäre zumindest jeweils ein zweiter Fahrer je Fahrzeug notwendig. Ökonomisch wäre ein Sammelverkehr mit Fahrer deshalb voraussichtlich nicht tragbar.

Um die Fahrzeuge etwas gleichmäßiger auszulasten wird die Möglichkeit zu einer Optimierung der Disposition gesehen. Durch die hohe Nachfrage in Spitzenstunden muss allerdings eine bestimmte Anzahl an Fahrzeugen bereitgestellt werden, die über den Tag verteilt nie gleich aus- und belastet werden kann. Im Vergleich zum typischen privaten Pkw ist die Betriebsdauer der Sammelfahrzeuge beachtlich. Allerdings lassen die durchschnittlichen Werte der Betriebszeit auch genug Zeit, um Laden, Reinigen und Service in einem üblichen Betriebstag unterzubringen.

7. Die Fahrzeuge weisen eine hohe Tagesfahrleistung auf und befördern eine hohe Anzahl an Fahrgästen.

Die mittlere Tagesfahrleistung der Fahrzeuge liegt in allen Szenarien zwischen 360 und 490 Kilometern. Hochgerechnet auf ein Jahr (Faktor 300) entspricht dies 108.000 bis 150.000 Kilometern Jahresfahrleistung. Die Abweichung der Extremwerte ist deutlich, denn einzelne Fahrzeuge legen über 900 km an einem Tag zurück. Ein heutiges batterieelektrisches Fahrzeug müsste bei dieser hohen Kilometerleistung mehrfach zwischengeladen werden. Die starke Abweichung weist auch hier auf die Möglichkeit einer gleichmäßigeren Fahrzeugauslastung durch eine optimierte Disposition hin. Des Weiteren könnten Fahrzeuge mit hoher und niedriger Fahrleistung an aufeinanderfolgenden Tagen unterschiedlich eingesetzt werden, womit zumindest die Extremwerte der Jahresfahrleistung reduziert werden können. Für eine Betriebssimulation wird eine tagesübergreifende Betrachtung daher notwendig.

Der Mittelwert der beförderten Fahrgäste je Fahrzeug liegt je nach Nachfrageniveau bei 35 bis 65 Fahrgästen/Tag, wobei einzelne Fahrzeuge bis zu 140 Fahrgäste/Tag befördern. Die große Diskrepanz zwischen Mittelwert und Extremwert lässt darauf schließen, dass durch verfeinerte Dispositionsstrategien und gegebenenfalls eine Anpassung der Flottengröße noch Optimierungspotenzial vorhanden ist. Eine solche optimierte Disposition könnte zu einer höheren Fahrzeugauslastung führen, wodurch gegebenenfalls auch die Flottengröße verringert werden könnte.

8. Die Nutzungsintensität der Fahrzeuge ist bei den hier verwendeten Dispositionsregeln noch sehr unterschiedlich.

Die Extremwerte für Fahrleistung, Betriebsdauer und beförderte Fahrgäste liegen sehr weit auseinander. Dies lässt auf Potenzial für den Einsatz einer optimierten Disposition schließen. Bestenfalls können weitere Fahrzeugkilometer eingespart werden und der Auslastungsgrad der Fahrzeuge erhöht werden, wodurch eine kleinere Fahrzeugflotte zur Bedienung der Fahrtanfragen ausreichend wäre.

Allerdings muss bei einer Optimierung bedacht werden, dass in diesem Modell bisher nur optimale Fahrtzeiten, ein optimaler Fahrtablauf und keine Lade-, Reinigungs- oder Reparaturzeiten simuliert werden. Notwendige Standzeiten und Unsicherheiten im Verkehrsablauf sowie bei der Pünktlichkeit der Fahrgäste müssen bei einer Umsetzung unbedingt beachtet werden. Auch die Fragen, wie mit unpünktlichen Fahrgästen und kurzfristig abgesagten Fahrtanfragen umgegangen wird, müssen in weiterführenden Untersuchungen eingebunden werden.

9. Der Einsatz 8-sitziger Fahrzeuge ist effektiver als der Einsatz kleinerer Fahrzeuge.

In den Szenarien G 1.2 bis G 4.2 werden Sammelverkehre mit 8-sitzigen Fahrzeugen simuliert. Unter Ausschluss einer Kostenbetrachtung von Anschaffungspreis und Wartungskosten ist der Einsatz von 8-sitzigen Fahrzeuge effektiver als der Einsatz von 4-sitzigen Fahrzeugen. 8-sitzige Fahrzeuge weisen durch das bessere Bündelungspotenzial einen erhöhten Anteil an abrechenbaren Kilometern auf. Dieser Anteil nimmt durch erhöhte Nachfrage noch einmal zu und liegt in den Szenarien mit 12 %-Nachfrage bei +6 % und bei den Szenarien mit 35 %-Nachfrage bei +34 %.

Hinsichtlich der Effizienz können noch keine Aussagen gemacht werden, da Investitions- und Betriebskosten für eine Unterscheidung der Fahrzeuggrößen nicht vorliegen.

Szenarien zur Kombinationen der Flottenzusammensetzung aus 4-sitzigen und 8-sitzigen Fahrzeugen werden in Z 1.1 bis Z 1.3 betrachtet.

10. Bei Einsatz von 8-sitzigen Fahrzeugen weisen maximal 20 % der 8-Sitzer im Tagesverlauf irgendwann einen Besetzungsgrad > 4 auf. Dieser Anteil ist eher gering.

Vorteile bringen die größeren Fahrzeuge vor allem während der Nachfragespitzen. Allerdings werden auch in den Spitzen maximal etwa 20 % der Fahrzeuge mit mehr als 4 Fahrgästen besetzt. Während der Schwachlastzeiten werden die großen Fahrzeuge kaum ausgenutzt. Dementsprechend scheint eine optimierte Kombination beider Fahrzeuggrößen in einer Fahrzeugflotte sinnvoll.

Eine vollständige Ausstattung mit großen Fahrzeugen scheint nicht notwendig. Szenarien zur Kombinationen der Flottenzusammensetzung werden in Z1 betrachtet. Es kann angenommen werden, dass Überlegungen zur Nutzung verschiedener Fahrzeuggrößen auch in eine strategische Disposition der Fahrtanfragen einfließen sollten.

8 Ergebnisse der Ergänzungsszenarien

8.1 Analyse Simulationsergebnisse: Ergänzungsszenarien Z1 - Z9

8.1.1 Simulationsergebnis Z1: Kombination Fahrzeuggrößen

Um zu untersuchen, wie die Nachfrage von einer Fahrzeugflotte mit gemischten Fahrzeugen abgedeckt wird, werden 3 Kombinationen für Fahrzeugflotten erstellt und mit den bereits vorliegenden Ergebnissen einer homogenen Fahrzeugflotte verglichen. Der Disponent „hohe Effizienz“ wird verwendet.

- Z 1.1: 75 % 4-Sitzer und 25 % 8-Sitzer,
- Z 1.2: 50 % 4-Sitzer und 50 % 8-Sitzer,
- Z 1.3: 25 % 4-Sitzer und 75 % 8-Sitzer.

Wie auch Tabelle 21 entnommen werden kann, nimmt die Effizienz des Flotteneinsatzes mit Zunahme der 8-sitzigen Fahrzeuge zu. Bei 100 % 4-sitzigen Fahrzeugen können 145 % der zurückgelegten Kilometer abgerechnet werden, wohingegen bei 100 % 8-sitzigen Fahrzeugen 160 % der zurückgelegten Kilometer abgerechnet werden können.

Allerdings werden die 8-sitzigen Fahrzeuge nur in den Spitzenstunden mit mehr als 4 Passagieren ausgelastet. Dies ist kongruent zu den Ergebnissen aus den Grundszenarien. Solange größere Fahrzeuge nicht speziell disponiert werden, können sie kaum optimal eingesetzt werden.

Tabelle 21: Vergleich Z1.1, Z1.2, Z1.3 mit den Referenzwerten 3.1_2030 und G3.2_2030

Szenario	Variation der Flottenzusammensetzung				
	G3.1 2030 100 % 4-Sitzer	Z 1.1 75 % 4-Sitzer	Z 1.2 50 % 4-Sitzer	Z 1.3 25 % 4-Sitzer	G3.2 2030 100 % 8-Sitzer
Fahrtanfragen					
Anzahl Fahrtanfragen [-]	33.766	33.766	33.766	33.766	33.766
Fahrtanfragen bedient [-]	33.766	33.766	33.765	33.766	33.766
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	0	1	0	0
daraus erreichter Modal Split	33,92%	33,92%	33,92%	33,92%	33,92%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Verkehrsleistung (gesamt)					
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	328.341	318.356	310.888	300.081	296.314
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	270.568	263.755	258.170	251.277	243.610
abrechenbare Personenkilometer [km]	476.977	476.977	476.966	476.977	476.977
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	57.773	54.601	52.718	48.805	52.704
Anteil Leerkilometer	17,60%	17,15%	16,96%	16,26%	17,79%
Anteil abrechenbare Kilometer *	145,27%	149,83%	153,42%	158,95%	160,97%
Fahrzeuge					
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	750	750	750	750	675
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	749	711	692	675	643
max. Anzahl mit Passagieren [-]	594	585	568	551	516
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	438	424	415	400	439
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	438	448	449	445	461
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag					
Minimalwert [km]	66	60	67	66	67
Maximalwert [km]	948	919	955	969	948
Mittelwert [km]	437	424	415	400	439
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	636	636	636	636	707
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag					
Minimalwert [hh:mm]	1:20	1:12	1:22	1:20	1:21
Maximalwert [hh:mm]	19:01	18:36	19:09	19:29	19:01
Mittelwert [hh:mm]	8:46	8:31	8:19	8:01	8:48
beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag					
Minimalwert [Passagiere]	4	3	3	3	4
Maximalwert [Passagiere]	109	111	112	118	127
Mittelwert [Passagiere]	45	45	45	45	50
Distanz je Fahrtanfrage					
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	9,72	9,43	9,21	8,89	8,78
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,13	14,13	14,13	14,13	14,13

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

8.1.2 Simulationsergebnis Z2: Dispositionsregel „Hoher Komfort“

Zusätzlich zu der in den Grundszenarien eingesetzten Dispositionsregel „Hohe Effizienz“ wurde eine Dispositionsregel erstellt, die den Komfort des einzelnen Passagiers erhöht und erst danach auf eine hohe Auslastung der Fahrzeuge achtet. Mit der Dispositionsregel „Hoher Komfort“ liegt die höchste Priorität bei der Suche eines zum Fahrtzeitpunkt leeren, möglichst nahen Fahrzeugs. Sollte kein leeres Fahrzeug verfügbar sein, wird auf bereits genutzte Fahrzeuge zurückgegriffen, solange die anderen Rahmenbedingungen eingehalten werden (siehe 5.2.4 – Disponent).

Bei Anwendung der Dispositionsregel „Hoher Komfort“ werden im Vergleich zum Grundszenario G 3.1_2030 (Nachfrageniveau ~ 35 %; 100 % 4-sitzige Fahrzeuge) 858 Fahrtanfragen nicht bedient. Dies entspricht etwa 2,5 % der Fahrtanfragen. Der Anteil der Leerkilometer steigt auf etwa 30 % und der Anteil der abrechenbaren Kilometer fällt drastisch auf 85 % der zurückgelegten Distanz.

Um bei einem Nachfrageniveau von ~ 35 % 99 % der Fahrtanfragen abzudecken, muss die Flottengröße auf 900 Fahrzeuge erhöht werden. Ist das Ziel 99,9 % der Fahrtanfragen abzudecken, muss die Flottengröße auf 1.400 Fahrzeuge erhöht werden. Im Vergleich zu 750 Fahrzeugen, die bei einem ÖV-Anteil von ~ 35 % und der Dispositionsregel „Hohe Effizienz“ benötigt werden, ist dies nahezu eine Verdopplung der benötigten Fahrzeuge. Der Anteil der abrechenbaren Kilometer sinkt währenddessen weiter, da mehr Fahrzeuge mit geringerer Besetzung disponiert werden.

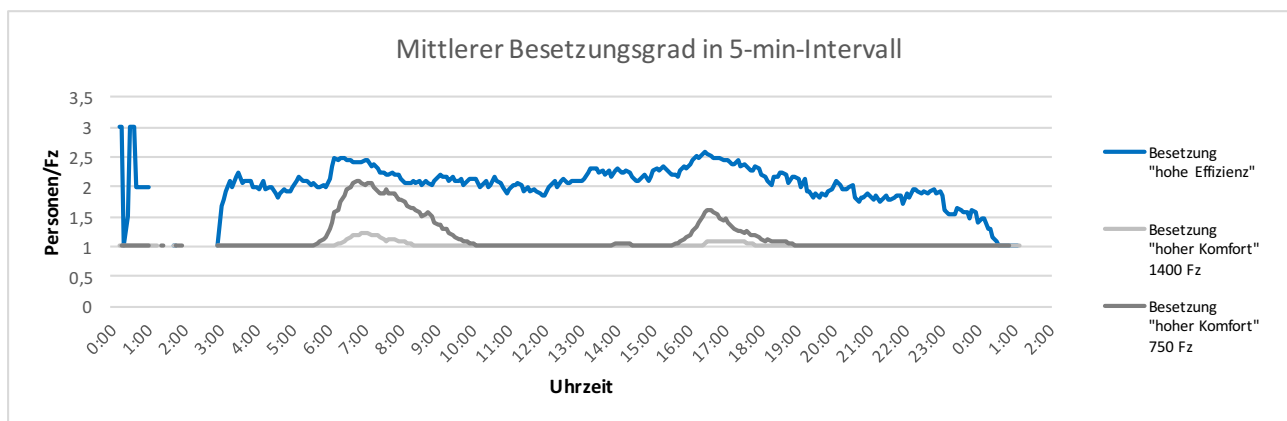


Bild 63: mittlerer Besetzungsgrad im Vergleich bei variiert Dispositionsstrategie (Z2 35 % Nachfrage)

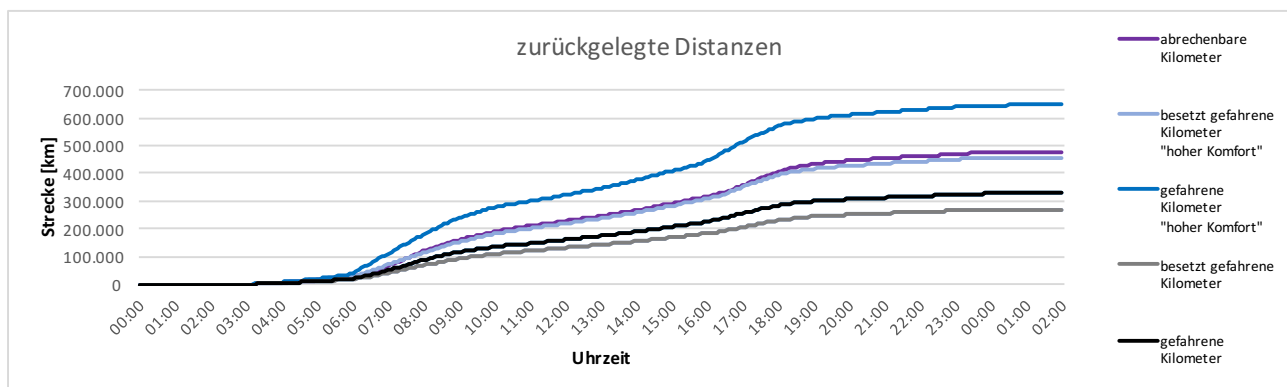


Bild 64: zurückgelegte Distanzen im Vergleich bei variiert Dispositionsstrategie (Z2 35 % Nachfrage)

Tabelle 22: Vergleich Z2 (Dispositionsregel „Hoher Komfort“) mit den Referenzwerten G3.1_2030

Szenario	Variation der Dispositionsregel				
	G3.1 2030 „Hohe Effizienz“	Z 2 „Hoher Komfort“		Z 2 „Hoher Komfort“ 99%-bedient	Z 2 „Hoher Komfort“ 99,9%-bedient
Fahrtanfragen					
Anzahl Fahrtanfragen [-]	33.766	33.766		33.766	33.766
Fahrtanfragen bedient [-]	33.766	32.908		33.424	33.726
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	858		342	40
daraus erreichter Modal Split	33,92%	33,92%		33,92%	33,92%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	2,54%		1,01%	0,12%
Verkehrsleistung (gesamt)					
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	328.341	525.131		567.573	646.446
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	270.568	371.632		399.111	457.103
abrechenbare Personenkilometer [km]	476.977	448.415		464.077	474.485
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	57.773	153.499		168.462	189.344
Anteil Leerkilometer	17,60%	29,23%		29,68%	29,29%
Anteil abrechenbare Kilometer *	145,27%	85,39%		81,77%	73,40%
Fahrzeuge					
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	750	750		900	1400
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	749	750		900	1400
max. Anzahl mit Passagieren [-]	594	626		737	1069
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	438	700		631	462
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	438	700		631	462
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag					
Minimalwert [km]	66	508		349	162
Maximalwert [km]	948	922		862	817
Mittelwert [km]	437	699		630	462
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	636	598		516	339
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag					
Minimalwert [hh:mm]	1:20	10:09		7:01	3:28
Maximalwert [hh:mm]	19:01	18:19		17:14	16:09
Mittelwert [hh:mm]	8:46	14:01		12:38	9:16
beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag					
Minimalwert [Passagiere]	4	24		14	5
Maximalwert [Passagiere]	109	66		64	53
Mittelwert [Passagiere]	45	44		37	24
Distanz je Fahrtanfrage					
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	9,72	15,96		16,98	19,17
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,13	13,63		13,88	14,07

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

8.1.3 Simulationsergebnis Z3: Flexibilität der Abfahrtszeit

Die für die Grundszenarien gewählten ± 30 Minuten Flexibilität zur gewünschten Abfahrtszeit sind großzügig bemessen. Die Flexibilität wurde gewählt, um möglichst viele Fahrten bündeln zu können. Um einen höheren Kundenkomfort zu bieten, wurde in zusätzlichen Szenarien überprüft, welche Ergebnisse die Disposition mit ± 10 Minuten Flexibilität und ± 0 Minuten Flexibilität liefert.

Eine Reduktion der Flexibilität der Abfahrtszeit auf ± 10 Minuten führt dazu, dass etwa 0,2 % der Fahrtenanfragen nicht bedient werden können. Wird die Flexibilität allerdings auf 0 Minuten reduziert, werden 5.860 Fahrtenanfragen und damit etwa 17 % nicht bedient.

Mit der Zielsetzung 99,9 % der Fahrtenanfragen abzudecken müsste für das Szenario Z 3.1 (± 10 Minuten) die Flottengröße auf 800 Fahrzeuge erhöht werden. Um 99,9 % der Fahrtenanfragen in Szenario Z 3.2 (± 0 Minuten) abzudecken, müsste dahingegen die Flottengröße auf 1.850 Fahrzeuge erhöht werden, was allerdings auch eine deutliche Reduktion der abrechenbaren Kilometer auf einen Anteil von 83 % im Vergleich zu den 144,9 % aus Szenario Z 3.1 mit sich bringt.

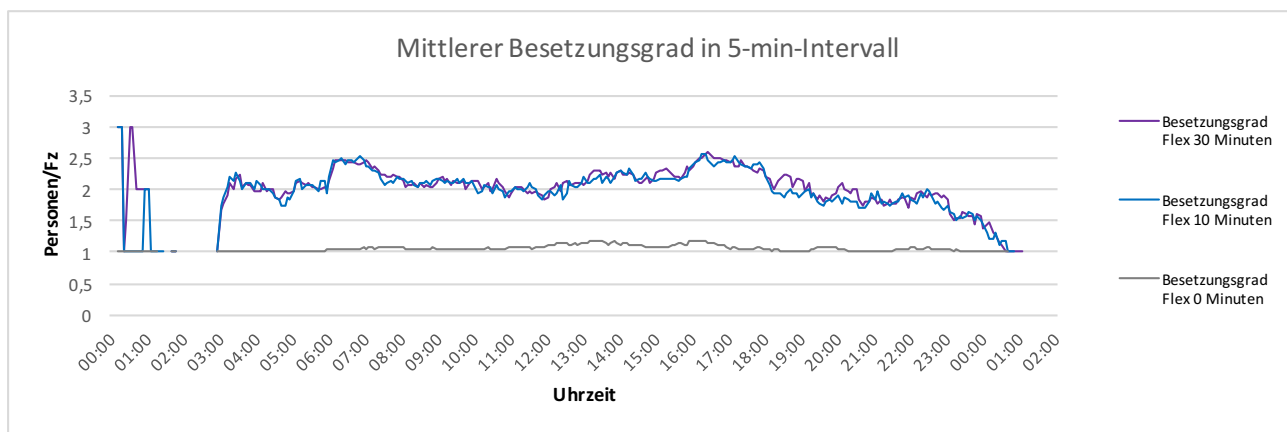


Bild 65: mittlerer Besetzungsgrad im Vergleich bei variiert Flexibilität der Abfahrtszeit (Z3 35 % Nachfrage)

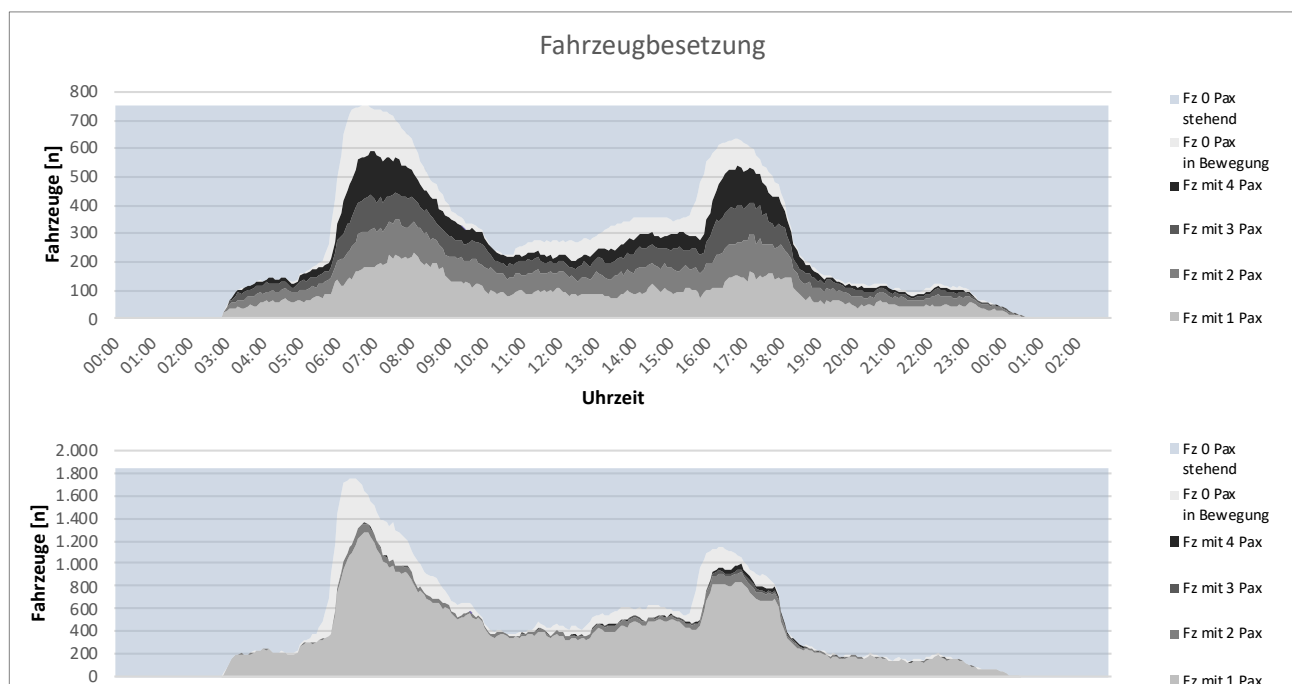


Bild 66: Fahrzeugbesetzung G3.1 oben und bei Flexibilität ± 0 Minuten (Z3.2) unten

Tabelle 23: Vergleich Z3 (Flexibilität) mit den Referenzwerten G3.1_2030

Szenario	Variation: Flexibilität der Abfahrtszeit					
	G3.1 2030 Flex +/- 30 min	Z3.1 Flex +/- 10 min	Z3.2 Flex +/- 0 min		Z3.1 Flex +/- 10 min 99,9%- bedient	Z3.2 Flex +/- 0 min 99,9%- bedient
Fahrtanfragen						
Anzahl Fahrtanfragen [-]	33.766	33.766	33.766		33.766	33.766
Fahrtanfragen bedient [-]	33.766	33.695	27.906		33.761	33.755
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	71	5.860		5	11
daraus erreichter Modal Split	33,92%	33,92%	33,92%		33,92%	33,92%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,21%	17,35%		0,01%	0,03%
Verkehrsleistung (gesamt)						
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	328.341	332.787	467.311		329.142	573.914
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	270.568	271.070	341.585		270.867	438.016
abrechenbare Personenkilometer [km]	476.977	475.497	359.961		476.913	476.829
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	57.773	61.717	125.726		58.275	135.898
Anteil Leerkilometer	17,60%	18,55%	26,90%		17,71%	23,68%
Anteil abrechenbare Kilometer *	145,27%	142,88%	77,03%		144,90%	83,08%
Fahrzeuge						
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	750	750	750		800	1850
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	749	747	731		776	1751
max. Anzahl mit Passagieren [-]	594	621	690		646	1359
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	438	444	623		411	310
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	438	445	639		424	328
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag						
Minimalwert [km]	66	95	377		73	32
Maximalwert [km]	948	884	874		960	692
Mittelwert [km]	437	443	622		411	310
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	636	634	480		596	258
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag						
Minimalwert [hh:mm]	1:20	1:53	7:31		1:26	0:37
Maximalwert [hh:mm]	19:01	17:42	17:16		19:12	13:59
Mittelwert [hh:mm]	8:46	8:54	12:29		8:16	6:13
beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag						
Minimalwert [Passagiere]	4	6	14		3	1
Maximalwert [Passagiere]	109	105	62		102	52
Mittelwert [Passagiere]	45	45	37		42	18
Distanz je Fahrtanfrage						
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	9,72	9,88	16,75		9,75	17,00
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,13	14,11	12,90		14,13	14,13

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

8.1.4 Simulationsergebnis Z4: Voranmeldung

Es wird davon ausgegangen, dass Fahrten nicht absolut spontan gebucht werden können. Was für Städte möglich erscheint, spontan buchen und anschließend auf das Fahrzeug warten, ist bei den längeren Strecken, die im ländlichen Raum zurückgelegt werden, nicht genauso umsetzbar. Als Erweiterung der Voranmeldung von 2 Stunden in den Grundszenarien wurden eine kürzere Voranmeldungszeit von 30 Minuten und eine „spontane“ Voranmeldung von 6 Minuten umgesetzt. Für die Umsetzung wurden separate Nachfragelisten mit den veränderten Voranmeldezeiten erstellt. Diese können durch Eingabe der Listennummer in die Excel-Datei ausgewählt werden. Die Flexibilität von +/- 30 Minuten bleibt davon unverändert.

- Listen 0-2: Nachfrage 2012 2 Stunden Voranmeldung,
- Listen 3-5: Nachfrage 2030 2 Stunden Voranmeldung,
- Listen 6-8: Nachfrage 2012 30 Minuten Voranmeldung,
- Listen 9-11: Nachfrage 2030 30 Minuten Voranmeldung,
- Listen 12-14: Nachfrage 2012 6 Minuten Voranmeldung,
- Listen 15-17: Nachfrage 2030 6 Minuten Voranmeldung.

Eine Verkürzung der Voranmeldung auf 30 Minuten zeigt nur geringe Veränderungen in den Simulationsergebnissen. 1,35 % der Fahrthanfragen (456 Anfragen) können nicht bedient werden. Eine Vergrößerung der Fahrzeugflotte von 750 auf 950 Fahrzeuge wäre notwendig um 99,9 % der Fahrthanfragen zu bedienen.

Bei einer Verkürzung der Voranmeldung auf 6 Minuten können mit 8,16 % (2.756 Anfragen) deutlich mehr Fahrthanfragen nicht bedient werden. Um dieses Manko auszugleichen, würde eine Fahrzeugflotte von 1.350 Fahrzeugen benötigt.

Der Anteil der abrechenbaren Kilometer je Fahrthanfrage bleibt mit etwa 150 % der zurückgelegten Distanzen relativ konstant.

In Bild 67 kann die Abweichung von der ursprünglich disponierten Abfahrtszeit zur gewünschten Abfahrtszeit analysiert werden. So fällt die Abweichung der disponierten Fahrt zum gewünschten Fahrtzeitpunkt hauptsächlich positiv aus: ab 11 Minuten vor dem gewünschten Zeitpunkt bis 30 Minuten nach dem gewünschten Zeitpunkt. Da die 30 Minuten-Marke nicht überschritten wird, kann hier noch einmal die Einhaltung der Simulationsregeln bestätigt werden. Bei einer Verkürzung der Voranmeldung auf 30 Minuten stellt sich die Kurve leicht verschoben dar. Bei einer Verkürzung auf 6 Minuten zeigen sich deutliche Veränderungen, da die Fahrten erst ab 6 Minuten vor Fahrtzeitwunsch disponiert werden können.

Da die disponierten Fahrtzeiten im Verlauf der Disposition um maximal 10 Minuten nach hinten verschoben werden können, um weitere Fahrgäste auf einzelne Fahrzeuge einzuplanen, wird Bild 68 zur Analyse herangezogen. Es stellt die Abweichung der tatsächlichen Abfahrtszeit zur ursprünglich disponierten Abfahrtszeit dar.

Bei der Mehrheit der disponierten Fahrten findet keine weitere Verschiebung statt. Nur etwa 4.100 Fahrten (aus 33.766 Fahrthanfragen) werden um 1 bis 2 Minuten verschoben (2.800 um 1 Minute, 1.300 um 2 Minuten). Nur etwa 500 Fahrten werden um den Maximalwert von 10 Minuten verschoben.

Tabelle 24: Vergleich Z4 (Vorankündigung) mit den Referenzwerten G3.1_2030

Szenario	Variation: Vorankündigung					
	G3.1 2030 Vor 2 h	Z4.1 Vor 30 min	Z4.2 Vor 6 min		Z4.1 Vor 30 min 99,9%- bedient	Z4.2 Vor 6 min 99,9%- bedient
Fahrtanfragen						
Anzahl Fahrtanfragen [-]	33.766	33.766	33.766		33.766	33.766
Fahrtanfragen bedient [-]	33.766	33.310	31.010		33.736	33.733
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	456	2.756		30	33
daraus erreichter Modal Split	33,92%	33,92%	33,92%		33,92%	33,92%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	1,35%	8,16%		0,09%	0,10%
Verkehrsleistung (gesamt)						
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	328.341	321.066	300.671		316.641	315.478
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	270.568	265.754	255.557		271.166	281.886
abrechenbare Personenkilometer [km]	476.977	465.522	433.158		476.335	476.154
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	57.773	55.312	45.114		45.475	33.593
Anteil Leerkilometer	17,60%	17,23%	15,00%		14,36%	10,65%
Anteil abrechenbare Kilometer *	145,27%	144,99%	144,06%		150,43%	150,93%
Fahrzeuge						
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	750	750	750		950	1350
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	749	708	641		708	713
max. Anzahl mit Passagieren [-]	594	556	548		630	647
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	438	428	401		333	234
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	438	453	469		447	442
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag						
Minimalwert [km]	66	69	61		43	15
Maximalwert [km]	948	902	910		827	749
Mittelwert [km]	437	428	401		333	234
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	636	621	578		501	353
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag						
Minimalwert [hh:mm]	1:20	1:22	1:14		0:52	0:10
Maximalwert [hh:mm]	19:01	18:01	18:09		16:31	15:25
Mittelwert [hh:mm]	8:46	8:35	8:03		6:41	4:41
beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag						
Minimalwert [Passagiere]	4	3	3		3	1
Maximalwert [Passagiere]	109	105	105		99	85
Mittelwert [Passagiere]	45	44	41		36	25
Distanz je Fahrtanfrage						
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	9,72	9,64	9,70		9,39	9,35
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,13	13,98	13,97		14,12	14,12

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

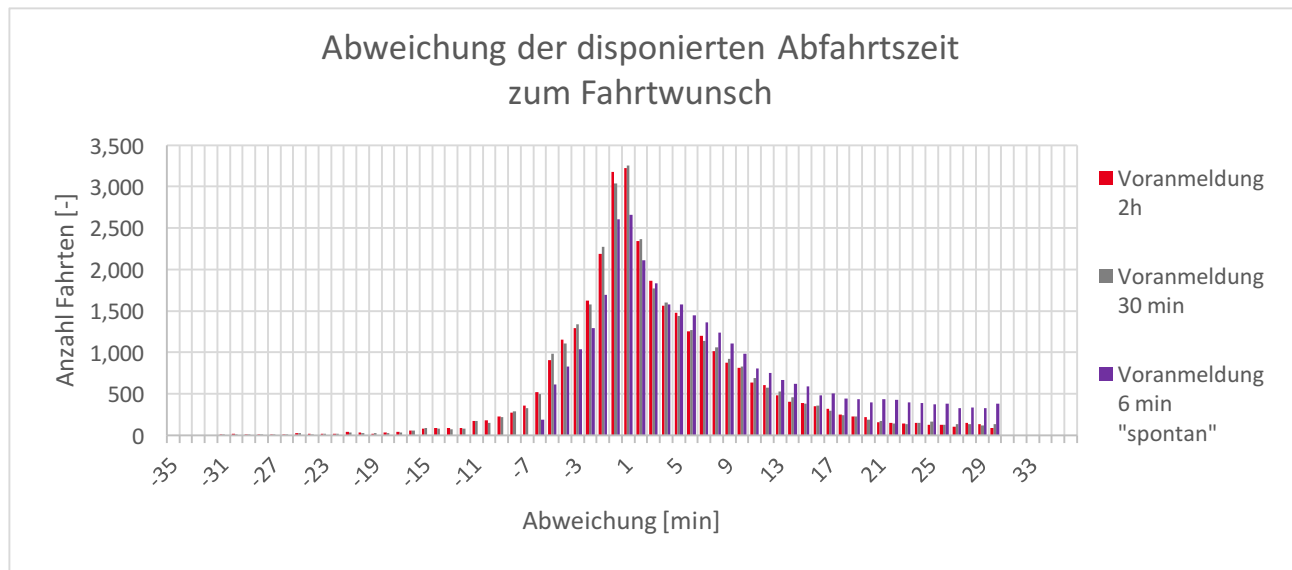


Bild 67: Abweichung der disponierten Abfahrtszeit zum Fahrtwunsch (0 bis 1 min dargestellt als 1 min).

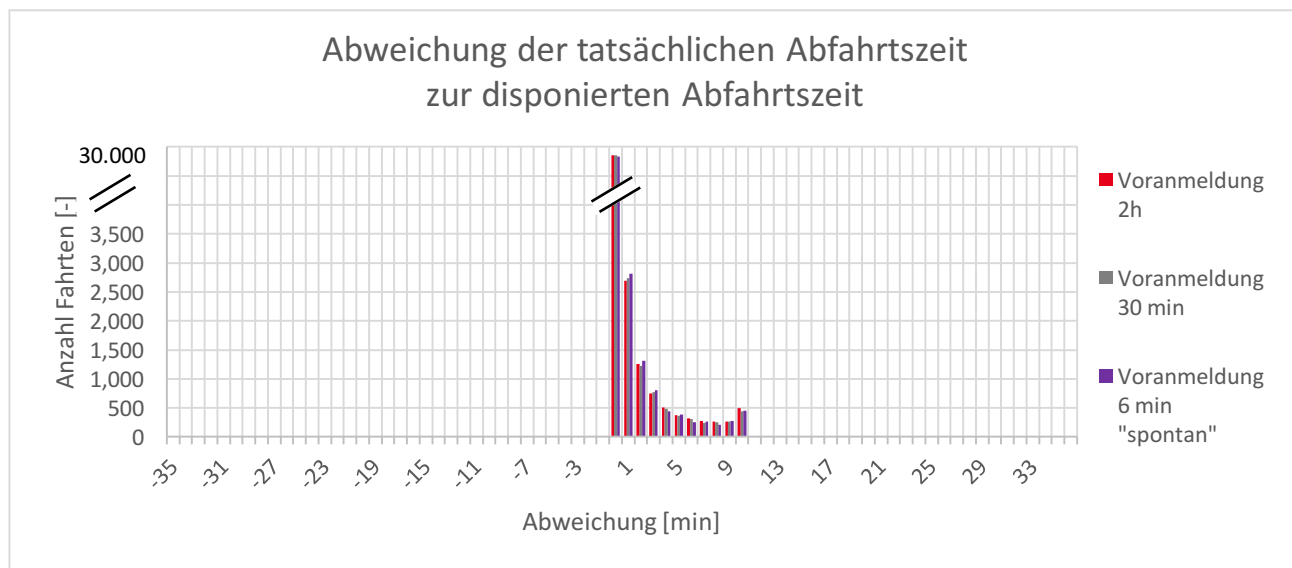


Bild 68: Abweichung der tatsächlichen Abfahrtszeit zur disponierten Abfahrtszeit (0 bis 1 min dargestellt als 1 min).

8.1.5 Simulationsergebnis Z5: zulässiger Umwegfaktor

Als ein maßgeblicher Parameter um die Effizienz des Flotteneinsatzes zu verändern, wird der maximal zulässige Umwegfaktor angesehen. Da in den Grundszenarien ein zulässiger Umwegfaktor von 1,4 festgesetzt ist, werden zum Vergleich Simulationen mit einem reduzierten Umwegfaktor von 1,2 x kürzeste Fahrtzeit (komfortabler Sammelverkehr) und 1,0 x kürzeste Fahrtzeit (Taxiverkehr) umgesetzt. Der Umwegfaktor kann bei Modellstart je Personengruppe gesetzt werden.

Eine Reduktion des maximal zulässigen Umwegfaktors auf 1,2 zeigt nur sehr geringe Auswirkungen auf die Simulationsergebnisse. 0,12 % der Fahrtanfragen können nicht bedient werden; der Anteil der Leerkilometer steigt um 5 %-Punkte und der Anteil der abrechenbaren Kilometer sinkt im Gegenzug um 5 %-Punkte; die nominal abrechenbaren Kilometer bleiben indes gleich.

Eine Reduktion des maximal zulässigen Umwegfaktors auf 1,0 zeigt, dass dieser Umwegfaktor für den Einsatz in einem Sammelverkehrssystem nicht geeignet ist. 13 % der Fahrtanfragen können nicht bedient werden und der Anteil der abrechenbaren Kilometer sinkt auf 75 %. Selbst bei einer 99,9 %igen Abdeckung der Fahrtanfragen mit 1.500 Fahrzeugen kann der Anteil der abrechenbaren Kilometer nur auf 75,5 % gesteigert werden. Der Unterschied im Fahrzeugeinsatz zwischen Umwegfaktor 1,4 und 1,0 ist in Bild 69 dargestellt.

Eine 99 %ige Abdeckung der Fahrtanfragen wäre mit etwa 1.300 Fahrzeugen zu erreichen.

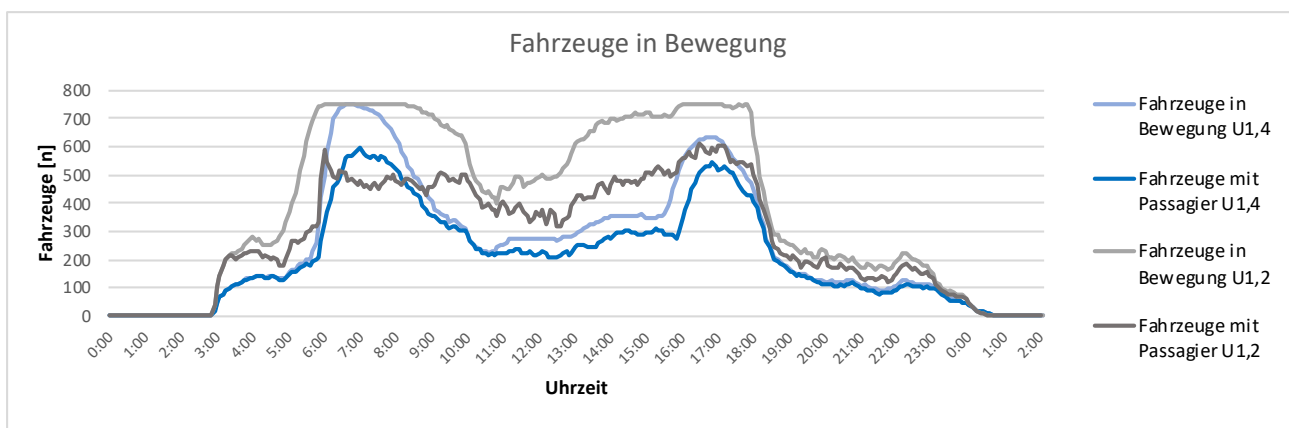


Bild 69: Auswirkungen des zulässigen Umwegfaktors 1,0 auf den Fahrzeugeinsatz (Flottengröße 750 Fahrzeuge)

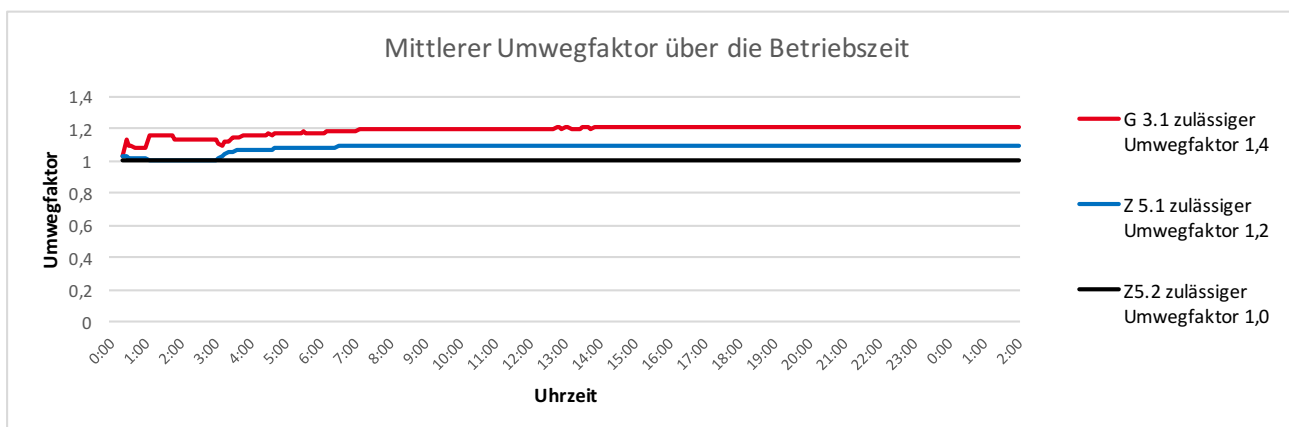


Bild 70: Vergleich der mittleren Umwegfaktoren Z 5

Tabelle 25: Vergleich Z5 (Umwegfaktor) mit den Referenzwerten G3.1_2030

Szenario	Variation: Umwegfaktor					
	G3.1 2030	Z5.1	Z5.2		Z5.1 1,2 99,9%- bedient	Z5.2 1,0 99,9%- bedient
Nachfrageliste	1,4	1,2	1,0			
Fahrtanfragen						
Anzahl Fahrtanfragen [-]	33.766	33.766	33.766		33.766	33.766
Fahrtanfragen bedient [-]	33.766	33.727	29.252		33.766	33.733
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	39	4.514		0	33
daraus erreichter Modal Split	33,92%	33,92%	33,92%		33,92%	33,92%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,12%	13,37%		0,00%	0,10%
Verkehrsleistung (gesamt)						
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	328.341	338.612	504.202		334.954	606.387
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	270.568	268.110	355.450		267.840	441.540
abrechenbare Personenkilometer [km]	476.977	476.257	381.813		476.977	476.254
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	57.773	70.502	148.752		67.114	164.848
Anteil Leerkilometer	17,60%	20,82%	29,50%		20,04%	27,19%
Anteil abrechenbare Kilometer *	145,27%	140,65%	75,73%		142,40%	78,54%
Fahrzeuge						
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	750	750	750		800	1500
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	749	750	750		751	1494
max. Anzahl mit Passagieren [-]	594	582	615		610	1033
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	438	451	672		419	404
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	438	451	672		446	406
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag						
Minimalwert [km]	66	102	345		59	89
Maximalwert [km]	948	885	911		846	802
Mittelwert [km]	437	451	671		419	404
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	636	635	509		596	318
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag						
Minimalwert [hh:mm]	1:20	2:01	6:54		1:10	1:45
Maximalwert [hh:mm]	19:01	17:44	18:17		17:01	16:03
Mittelwert [hh:mm]	8:46	9:03	13:28		8:24	8:07
beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag						
Minimalwert [Passagiere]	4	5	12		3	3
Maximalwert [Passagiere]	109	114	67		99	50
Mittelwert [Passagiere]	45	45	39		42	22
Distanz je Fahrtanfrage						
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	9,72	10,04	17,24		9,92	17,98
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,13	14,12	13,05		14,13	14,12

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

8.1.6 Simulationsergebnis Z6: Batterieelektrischer Betrieb

Die Veränderungen in der Antriebstechnologie antizipierend, wird überprüft, welche Auswirkungen der Einsatz batterieelektrisch angetriebener Fahrzeuge auf die Simulationsergebnisse hat. Angenommen wird, dass die Reichweite der Fahrzeuge auf 350 km begrenzt ist. Die komplette Ladung einer Batterie kann in einer Stunde realisiert werden, was auch gegebenenfalls notwendige kurze Dispositionsfahrten zur nächsten Ladestation mit beinhaltet. Es wird davon ausgegangen, dass an allen Haltestellen geladen werden kann. Zusätzlich können freie Pausenzeiten zum Aufladen der Batterie genutzt werden. Die Werte für Reichweite und Ladezeit der Batterie können bei Modellstart frei gesetzt werden.

Der Einsatz batterieelektrischer Fahrzeuge für den Sammelverkehr verändert die Simulationsergebnisse nur minimal. 17 Fahrplananfragen können nicht bedient werden, was 0,05 % entspricht. Der Anteil der Leerkilometer nimmt um etwa 2 %-Punkte zu, und der Anteil der abrechenbaren Kilometer sinkt um 10 %-Punkte auf 135 %. Der Minimalwert der Betriebszeiten steigt um 2 Stunden an, und auch der höhere Minimalwert der zurückgelegten Kilometer zeigt, dass die Fahrzeuge gleichmäßiger ausgelastet sind.

Gerade zur Mittagszeit fallen durch den Einsatz von batterieelektrischen angetriebenen Fahrzeugen mehr Dispositionsfahrten an, als bei dem Vergleichsszenario G3.1_2030. Zurückzuführen ist dies darauf, dass ein Teil der Fahrzeuge die batterieelektrische Reichweite erreicht hat und Ladepausen eingeplant werden.

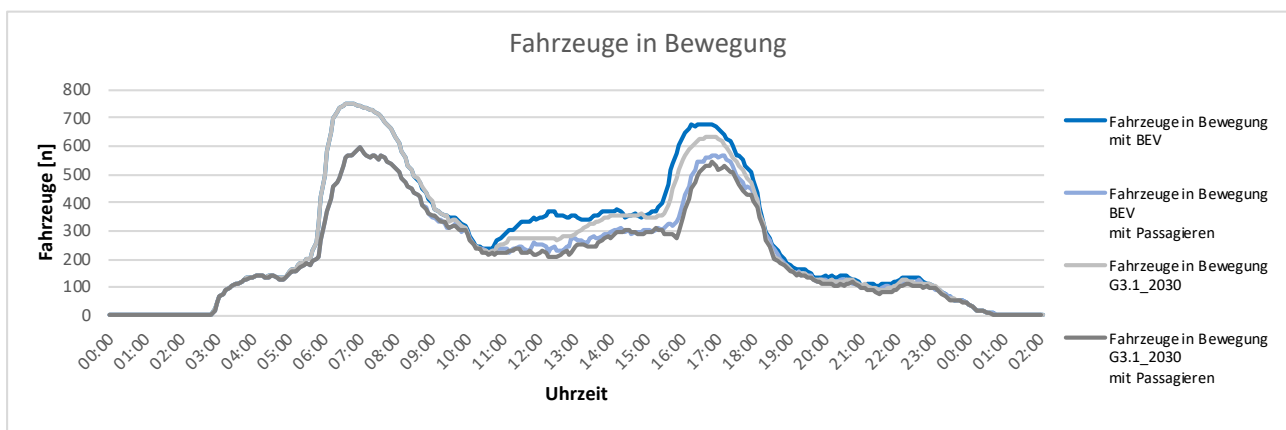


Bild 71: Fahrzeuge in Bewegung bei variiertter Reichweite der Fahrzeuge Z6

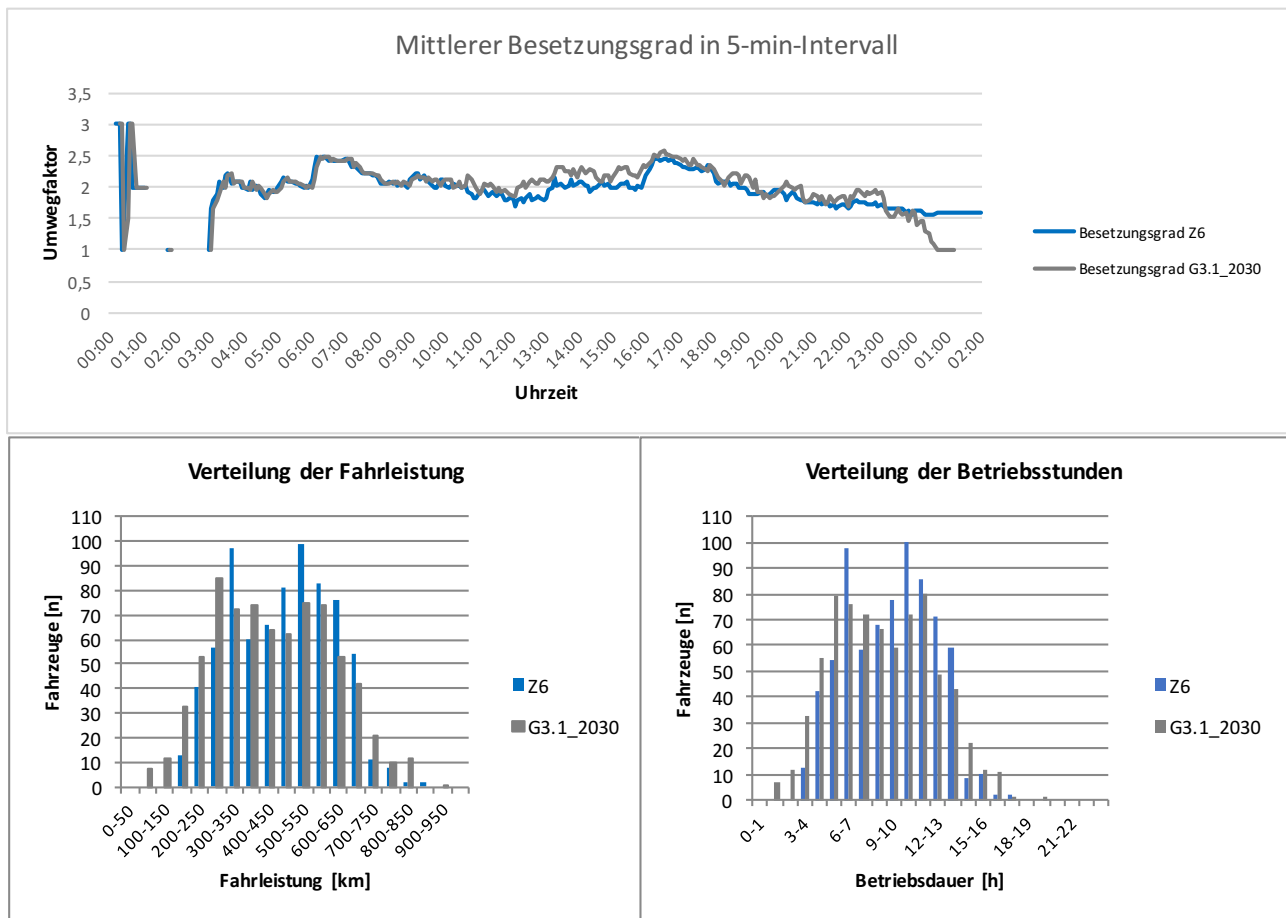


Bild 72: mittlerer Besetzungsgrad, Fahrleistung und Betriebsstunden bei variiertter Reichweite der Fahrzeuge Z6

Tabelle 26: Vergleich Z6 (batterieelektrischer Betrieb) mit den Referenzwerten G3.1_2030

Szenario	Variation: batterieelektrischer Antrieb	
	G3.1 2030	Z6 BEV
Fahrtanfragen		
Anzahl Fahrtanfragen [-]	33.766	33.504
Fahrtanfragen bedient [-]	33.766	33.487
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	17
daraus erreichter Modal Split	33,92%	33,66%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,05%
Verkehrsleistung (gesamt)		
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	328.341	347.686
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	270.568	281.365
abrechenbare Personenkilometer [km]	476.977	472.197
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	57.773	66.320
Anteil Leerkilometer	17,60%	19,07%
Anteil abrechenbare Kilometer *	145,27%	135,81%
Fahrzeuge		
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	750	750
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	749	749
max. Anzahl mit Passagieren [-]	594	594
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	438	464
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	438	464
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag		
Minimalwert [km]	66	154
Maximalwert [km]	948	898
Mittelwert [km]	437	463
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	636	630
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag		
Minimalwert [hh:mm]	1:20	3:08
Maximalwert [hh:mm]	19:01	17:51
Mittelwert [hh:mm]	8:46	9:17
beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag		
Minimalwert [Passagiere]	4	9
Maximalwert [Passagiere]	109	95
Mittelwert [Passagiere]	45	45
Distanz je Fahrtanfrage		
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	9,72	10,38
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,13	14,10

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

8.1.7 Simulationsergebnis Z7: Sonntag – niedriges Nachfrageniveau

Da das Mobilitätsangebot nicht nur an Werktagen, sondern auch an Samstagen, Sonntagen und Feiertagen betrieben werden soll, wird zusätzlich ein Tag mit schwacher Nachfrage simuliert. Die Wahl fällt hier auf den Sonntag, da dann die Nachfrage am geringsten ausfällt. Der Sonntag wird im Vergleich zu einem typischen Dienstag 2030 simuliert. Um die Nachfrage für den Sonntag in das Modell zu implementieren, wurden im Vorfeld wieder 3 Varianten mit 2 Stunden Voranmeldung der Nachfragelisten erstellt:

- Listen 3-5: Nachfrage 2030 2 Stunden Voranmeldung Dienstag,
- Listen 18-20: Nachfrage 2030 2 Stunden Voranmeldung Sonntag.

Entsprechend der Haushaltsbefragung werden sonntags 26.500 Wege zurückgelegt. Dienstags handelt es sich um 99.538 Wege.

Bei unveränderter Flottengröße (750 Fahrzeuge) kann im Vergleich zu dienstags ein um 15 %-Punkte erhöhter Anteil an Wegen abgerechnet werden, allerdings werden die Fahrzeuge nicht ausgelastet. Eine Fahrzeugflotte von 200 4-sitzigen Fahrzeugen reicht aus, um die ~ 35 % Nachfrage am Sonntag abzudecken. Deutlich erkennbar sind die verschobenen und breiter ausgeprägten Spitzenzeiten. Die Differenz zu den an Werktagen benötigten Fahrzeugen könnte dazu genutzt werden, dass notwendige Wartungs- und Reinigungstermine wahrgenommen werden können.

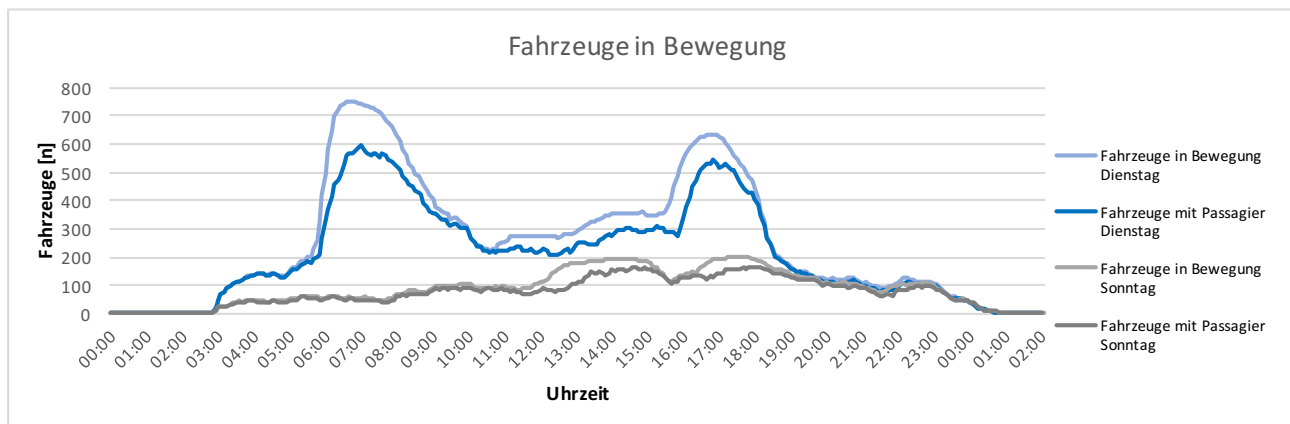


Bild 73: Fahrzeuge in Bewegung bei verändertem Betrachtungstag: Dienstag (blau), Sonntag (grau)

Tabelle 27: Vergleich Z7 (Wochentag Sonntag) mit den Referenzwerten G3.1_2030

Szenario	Variation: Wochentag Sonntag			
Nachfrageliste	G3.1_2030 Dienstag	Z 7 Sonntag		Z 7 Sonntag 99,9%-bedient
Fahrtanfragen				
Anzahl Fahrtanfragen [-]	33.766	9.750		9.750
Fahrtanfragen bedient [-]	33.766	9.750		9.748
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	0		2
daraus erreichter Modal Split	33,92%	33,9%***		33,9%***
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%		0,02%
Verkehrsleistung (gesamt)				
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	328.341	99.624		115.160
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	270.568	96.715		95.440
abrechenbare Personenkilometer [km]	476.977	158.735		158.610
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	57.773	2.908		19.720
Anteil Leerkilometer	17,60%	2,92%		17,12%
Anteil abrechenbare Kilometer *	145,27%	159,33%		137,73%
Fahrzeuge				
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	750	750		200
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	749	181		200
max. Anzahl mit Passagieren [-]	594	180		164
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	438	133		576
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	438	550		576
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag				
Minimalwert [km]	66	5		218
Maximalwert [km]	948	554		941
Mittelwert [km]	437	139		573
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	636	212		793
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag				
Minimalwert [hh:mm]	1:20	0:05		4:24
Maximalwert [hh:mm]	19:01	11:06		18:52
Mittelwert [hh:mm]	8:46	2:47		11:28
beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag				
Minimalwert [Passagiere]	4	1		13
Maximalwert [Passagiere]	109	45		93
Mittelwert [Passagiere]	45	14		49
Distanz je Fahrtanfrage				
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	9,72	10,22		11,81
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,13	16,28		16,27

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

*** bezogen auf die Grundgesamtheit der Wege am Sonntag

8.1.8 Simulationsergebnis Z8: Kombination von Parametern

Da die Parameter für einen realen Betrieb nicht isoliert voneinander betrachtet werden können, werden hier zwei Kombinationen von vielversprechenden, aus den vorherigen Ergänzungsszenarien identifizierten Parametervariationen verglichen.

Daraus werden die Ergänzungsszenarien Z8.1 und Z8.2 entwickelt. Beide basieren auf einer Voranmeldedauer von 30 Minuten und einer Nutzerflexibilität der Abfahrtszeit von 10 Minuten. Variiert wird der Umwegfaktor zwischen 1,4 und 1,2, um ein möglichst komfortables Mobilitätssystem zu simulieren.

Die Reduktion der Voranmeldedauer zeigte nur geringe Auswirkungen auf die Simulationsergebnisse und bietet einen höheren Komfort als die Voranmeldung zwei Stunden im Voraus. Ebenso bietet die Reduktion der Flexibilität auf +/-10 Minuten mehr Komfort für den Fahrgast.

Beide Ergänzungsszenarien zeigen sehr ähnliche Ergebnisse. Bei beiden Kombinationen können 5 % der Nachfrage nicht bedient werden. Z8.1 fällt ein wenig besser in Bezug auf die abrechenbaren Kilometer aus. Diese fallen 3 %-Punkte höher aus als bei Z8.2 mit einem Umwegfaktor von 1,2. Um 99,9 % der Nachfrage abzudecken würden in beiden Szenarien 1.200 Fahrzeuge, anstatt der ursprünglich angesetzten 750 Fahrzeuge, benötigt.

Um die Fahrzeugflotte nicht unnötig zu vergrößern und einen Kompromiss zwischen Komfort und Effizienz zu bilden, könnten die Parameter nachfrageabhängig angepasst werden. Gegebenenfalls müsste in einem realen Betrieb kurzzeitig das Einhalten der hier variierten Komfortparameter ausgesetzt werden, um die Bedienung aller angefragten Fahrten zu gewährleisten. Eine daraufhin optimierte Disposition könnte die Brücke schlagen zwischen einem relativ komfortablen Angebot und einer relativ kleinen Flottengröße.

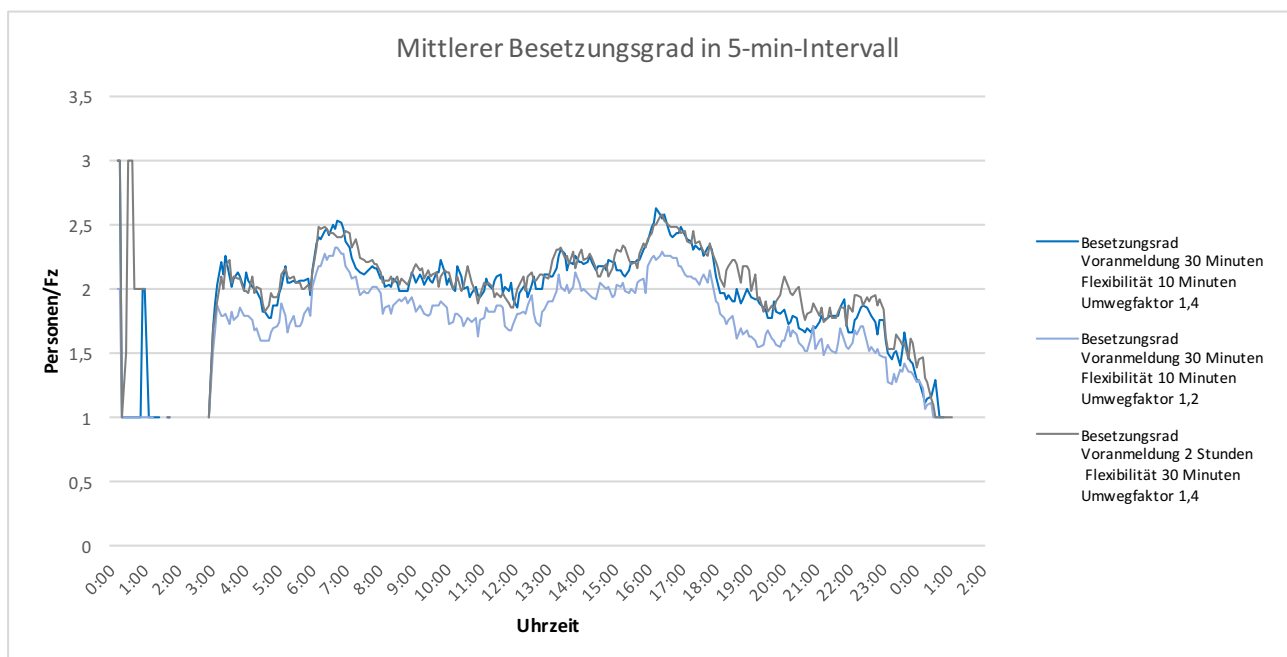


Bild 74: mittlerer Besetzungsgrad bei Kombination mehrerer Parameter im Vergleich zu G3.1_2030

Tabelle 28: Vergleich Z 8 Variation Voranmeldung, Umwegfaktor, Flexibilität

Szenario	Variation: Voranmeldung, Umwegfaktor, Flexibilität					
Nachfrageliste	G3.1 2030 Umw: 1,4	Z8.1 Vor 30 Umw: 1,4 Flex: 10	Z8.2 Vor 30 Umw: 1,2 Flex: 10		Z8.1 Vor 30 Umw: 1,4 Flex: 10 99,9%-bedient	Z8.2 Vor 30 Umw: 1,2 Flex: 10 99,9%-bedient
Fahrtanfragen						
Anzahl Fahrtanfragen [-]	33.766	33.766	33.766		33.766	33.766
Fahrtanfragen bedient [-]	33.766	32.009	31.944		33.735	33.735
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	1.757	1.822		31	31
daraus erreichter Modal Split	33,92%	33,92%	33,92%		33,92%	33,92%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	5,20%	5,40%		0,09%	0,09%
Verkehrsleistung (gesamt)						
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	328.341	305.788	313.128		311.037	320.275
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	270.568	256.579	252.626		271.631	270.093
abrechenbare Personenkilometer [km]	476.977	445.171	442.019		476.420	476.430
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	57.773	49.208	60.502		39.406	50.182
Anteil Leerkilometer	17,60%	16,09%	19,32%		12,67%	15,67%
Anteil abrechenbare Kilometer *	145,27%	145,58%	141,16%		153,17%	148,76%
Fahrzeuge						
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	750	750	750		1200	1200
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	749	657	654		694	742
max. Anzahl mit Passagieren [-]	594	575	562		644	639
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	438	408	418		259	267
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	438	465	479		448	432
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag						
Minimalwert [km]	66	55	76		8	13
Maximalwert [km]	948	896	880		741	799
Mittelwert [km]	437	408	418		260	267
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	636	594	589		397	397
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag						
Minimalwert [hh:mm]	1:20	1:06	1:31		0:09	0:14
Maximalwert [hh:mm]	19:01	18:04	17:39		14:52	16:02
Mittelwert [hh:mm]	8:46	8:10	8:22		5:13	5:21
beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag						
Minimalwert [Passagiere]	4	2	3		1	1
Maximalwert [Passagiere]	109	112	100		96	93
Mittelwert [Passagiere]	45	43	43		28	28
Distanz je Fahrtanfrage						
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	9,72	9,55	9,80		9,22	9,49
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,13	13,91	13,84		14,12	14,12

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

8.1.9 Simulationsergebnis Z9: Betrachtung des Schülerverkehrs

Die Betrachtung des Schülerverkehrs basiert auf den Szenarien G4.1_2012 und G4.1_2030, da in den anderen Grundszenarien von einem reduzierten Anteil des Schülerverkehrs der tatsächlich über den Sammelverkehr abgebildet wird, ausgegangen wird. In den angesprochenen Grundszenarien werden die Wege aller Personengruppen zu ungefähr 75 % abgebildet.

In Kapitel 4.4.3 wird überschlägig die notwendige Fahrzeuganzahl zum Abdecken der Schülernachfrage ermittelt. In der Simulation fallen diese Werte niedriger aus. Dies kann auf eine erheblich gestreute Nachfrage zurückgeführt werden, nicht alle Schüler müssen innerhalb eines 1-Stunden-Intervalls an der Schule ankommen. Für den Zeithorizont 2012 würden 400 4-sitzige Fahrzeuge (Abschätzung knapp 800 Fahrzeuge) oder 275 8-sitzige Fahrzeuge (Abschätzung knapp 400 Fahrzeuge) ausreichen, um 75 % der Schulwegnachfrage abzudecken, was allen Wegen über 5 Minuten Pkw-Fahrtzeit entspricht, die gut mit dem Rad oder zu Fuß zu bewältigen sind.

Allerdings sind auch 400 Fahrzeuge vor einem einzelnen Schulstandort immer noch eine große Anzahl, die auch räumlich abgewickelt werden muss. Die 275 8-sitzigen Fahrzeuge halten sich vielleicht schon eher in einem erträglichen Rahmen. Eine nähere Betrachtung, gegebenenfalls mit größeren Fahrzeugen oder eine Kombination aus Schul-Linienverkehr und autonomen Zubringerverkehren, könnte hier zu tieferem Verständnis verhelfen. Eine Trennung von Schülerverkehren und regulären Personenverkehren kann je nach Rahmenbedingungen nicht nur notwendig, sondern auch wünschenswert sein. Bereits heute fahren kaum reguläre Passagiere im Schülerverkehr mit, da sie sich gestört fühlen. Zusätzlich besteht nach einigen Schülerfahrten die Notwendigkeit, Fahrzeuge zu reinigen, besonders bevor diese im regulären Betrieb eingesetzt werden. Diese Notwendigkeit könnte bei einem reinen Einsatz von Fahrzeugen für den Schülerverkehr reduziert werden.

Der Einsatz von 8-sitzigen Fahrzeugen weist bei der Bedienung des reinen Schülerverkehrs eine sehr hohe Effizienz des Flotteneinsatzes mit einem Anteil von über 200 % der abrechenbaren Wege auf.

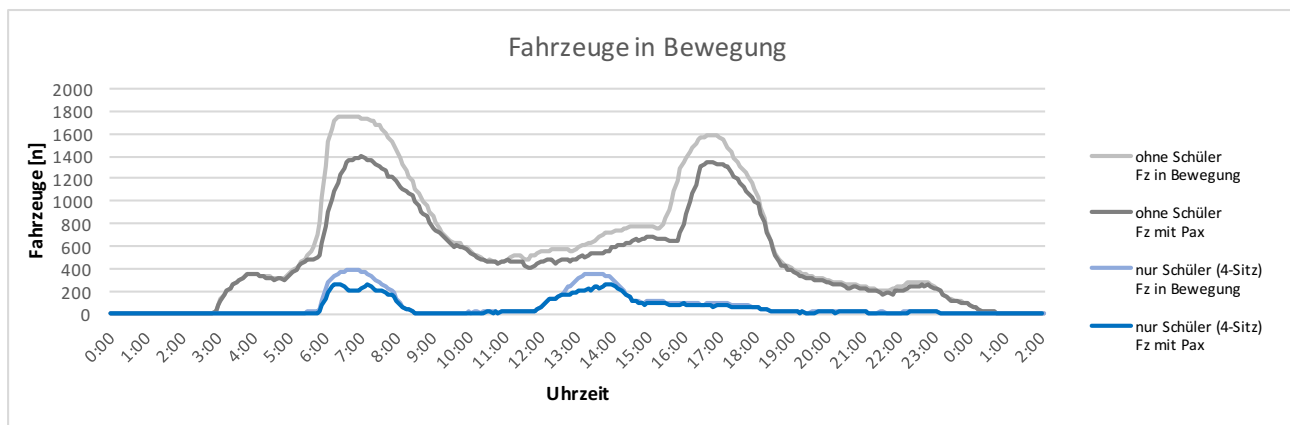


Bild 75: Vergleich der Fahrzeuge in Bewegung (Z9) ohne Schüler und nur Schüler (4-sitzige Fahrzeuge ~ 75 % Nachfrage)

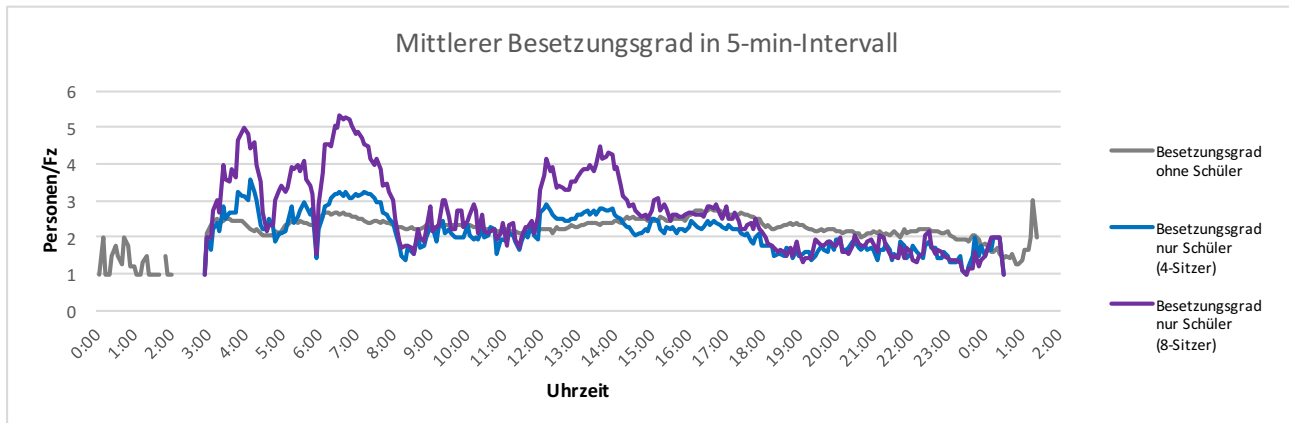


Bild 76: Vergleich des Besetzungsgrads (Z 9) ohne Schüler und nur Schüler (4-und 8-sitzige Fahrzeuge ~75 % Nachfrage)

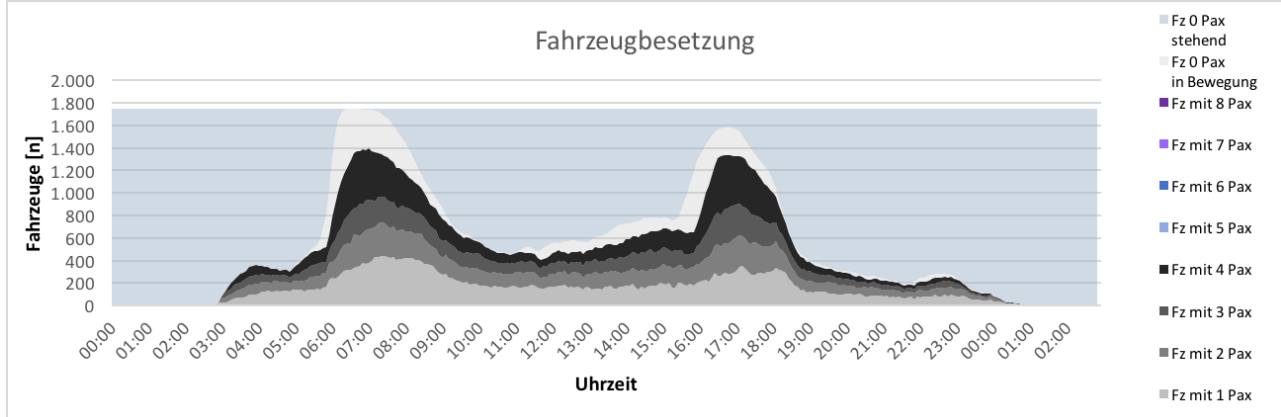


Bild 77: Fahrzeugbesetzung des Szenarios Z9.1_2012 ohne Schüler (4-sitzige Fahrzeuge ~75 % Nachfrage)

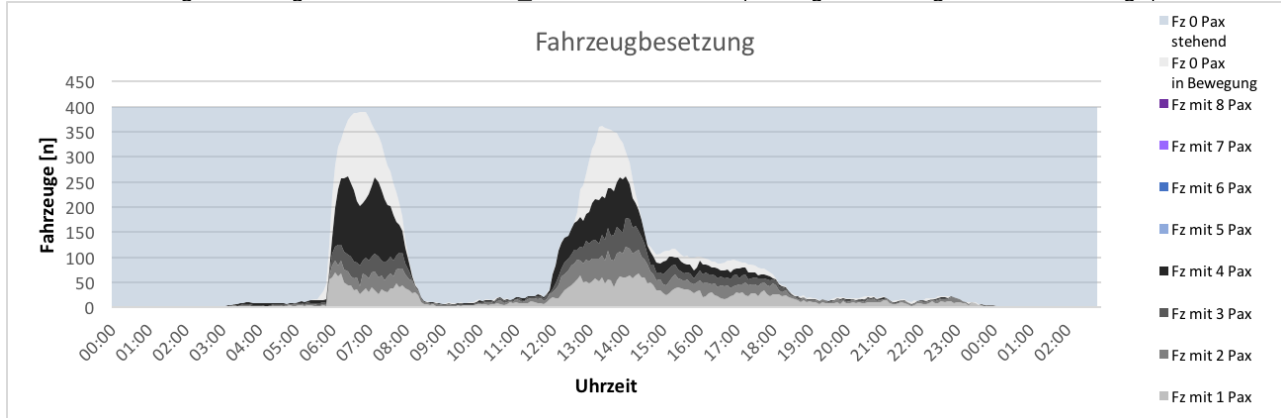


Bild 78: Fahrzeugbesetzung des Szenarios Z9.2_2012 nur Schüler (4-sitzige Fahrzeuge ~ 75 % Nachfrage)

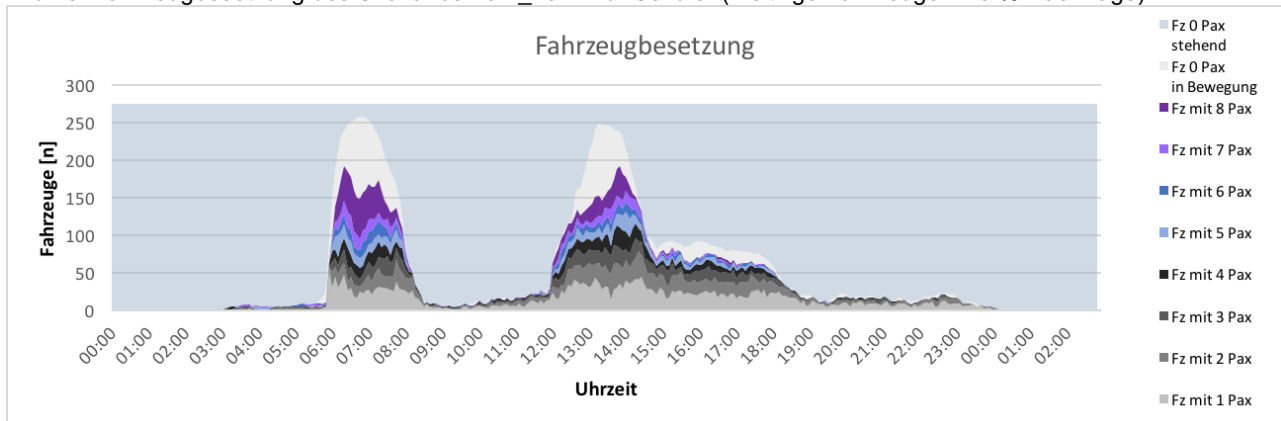


Bild 79: Fahrzeugbesetzung des Szenarios Z9.3_2012 nur Schüler (8-sitzige Fahrzeuge ~ 75 % Nachfrage)

Tabelle 29: Vergleich Z 9 Variation Schülerverkehr 2012

Szenario	Variation: Schülerverkehr 2012			
Nachfrageliste	G 4.1_2012 gesamte Nachfrage	Z 9.1_2012 ohne Schüler	Z 9.2_2012 nur Schüler 4-Sitzer	Z 9.3_2012 nur Schüler 8-Sitzer
Fahrtanfragen				
Anzahl Fahrtanfragen [-]	93.600	82.937	10.663	10.663
Fahrtanfragen bedient [-]	93.597	82.937	10.663	10.663
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	3	0	0	0
daraus erreichter Modal Split	74,11%	65,67%	8,44%	8,44%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Verkehrsleistung (gesamt)				
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	827.979	752.834	92.641	69.024
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	693.613	625.687	69.289	52.754
abrechenbare Personenkilometer [km]	1.365.163	1.215.506	149.708	149.708
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	134.366	127.147	23.352	16.270
Anteil Leerkilometer	16,23%	16,89%	25,21%	23,57%
Anteil abrechenbare Kilometer *	164,88%	161,46%	161,60%	216,89%
Fahrzeuge				
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	2100	1750	400	275
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	2064	1749	394	254
max. Anzahl mit Passagieren [-]	1682	1393	263	191
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	394	430	232	251
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	401	430	235	272
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag				
Minimalwert [km]	119	163	63	82
Maximalwert [km]	949	978	636	599
Mittelwert [km]	428	454	232	251
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	650	695	374	544
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag				
Minimalwert [hh:mm]	2:21	3:16	1:16	1:39
Maximalwert [hh:mm]	19:02	19:41	12:45	12:03
Mittelwert [hh:mm]	8:35	9:06	4:38	5:02
beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag				
Minimalwert [Passagiere]	8	10	4	6
Maximalwert [Passagiere]	125	119	69	81
Mittelwert [Passagiere]	48	51	27	39
Distanz je Fahrtanfrage				
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	8,85	9,08	8,69	6,47
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,59	14,66	14,04	14,04

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Tabelle 30: Vergleich Z 9 Variation Schülerverkehr 2030

Szenario	Variation: Schülerverkehr 2030			
Nachfrageliste	G 4.1_2030 Gesamte Nachfrage	Z 9.1_2030 ohne Schüler	Z 9.2_2030 nur Schüler 4-Sitzer	Z 9.3_2030 nur Schüler 8-Sitzer
Fahrtanfragen				
Anzahl Fahrtanfragen [-]	74.540	67.462	7.193	7.193
Fahrtanfragen bedient [-]	74.540	67.462	7.193	7.193
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	0	0	0
daraus erreichter Modal Split	74,89%	67,78%	7,23%	7,23%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Verkehrsleistung (gesamt)				
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	660.921	611.110	63.200	49.716
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	551.522	504.618	48.044	37.905
abrechenbare Personenkilometer [km]	1.051.202	953.108	99.137	99.137
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	109.399	106.493	15.156	11.811
Anteil Leerkilometer	16,55%	17,43%	23,98%	23,76%
Anteil abrechenbare Kilometer *	159,05%	155,96%	156,86%	199,40%
Fahrzeuge				
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	1575	1350	300	200
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	1541	1339	272	186
max. Anzahl mit Passagieren [-]	1281	1076	197	141
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	420	453	211	249
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	429	456	232	267
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag				
Minimalwert [km]	119	178	65	74
Maximalwert [km]	951	896	639	604
Mittelwert [km]	443	466	211	249
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	667	706	330	496
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag				
Minimalwert [hh:mm]	2:24	3:33	1:18	1:29
Maximalwert [hh:mm]	19:14	18:00	12:51	12:05
Mittelwert [hh:mm]	8:53	9:21	4:13	4:59
beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag				
Minimalwert [Passagiere]	6	12	4	10
Maximalwert [Passagiere]	117	113	56	84
Mittelwert [Passagiere]	50	52	24	36
Distanz je Fahrtanfrage				
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	8,87	9,06	8,79	6,91
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,10	14,13	13,78	13,78

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

8.2 Zwischenfazit Ergänzungsszenarien

Fortsetzung aus Kapitel 7.3:

11. In einer gemischten Fahrzeugflotte ist ein 20 %iger Anteil an 8-sitzigen Fahrzeugen ausreichend, wobei eine optimierte Disposition für eine gezielte Auslastung der Fahrzeuge notwendig ist.

Ein höherer Anteil an 8-sitzigen Fahrzeugen führt zu einer verbesserten Effektivität in der Flottenauslastung. Die Leerkilometer sinken und die abrechenbaren Kilometer steigen (siehe Tabelle 21). Allerdings zeigt sich auch durch den relativ niedrigen Anteil an Fahrzeugen, der mit mehr als 4 Personen besetzt ist, dass der Einsatz nur einer einzigen Fahrzeuggröße nicht unbedingt effizient ist. Es scheint sinnvoll, etwa 20 % 8-sitzige Fahrzeuge in eine Fahrzeugflotte zu integrieren. Notwendig wäre dann, die Disposition speziell auf die Nutzung verschiedener Fahrzeuggrößen abzustimmen. 8-Sitzer sollten in den Tagesspitzen auf den Verbindungen eingesetzt werden, für die ein hohes Bündelungspotenzial besteht (zum Beispiel Arbeitswege in die nächste Stadt, Schulwege).

12. Eine hochwertige Bedienung, bei der eine Bündelung weitgehend (nachfrageabhängig) vermieden wird (Z2 Dispositionsstrategie: Hoher Komfort), ist grundsätzlich umsetzbar, reduziert allerdings die Effizienz des Flotteneinsatzes erheblich.

Die Ergebnisse zeigen, dass mit der eingesetzten Fahrzeugflotte auch ein komfortables, taxiähnliches Verkehrsangebot umgesetzt werden kann. Etwa 2,5 % der Fahrtanfragen können nicht bedient werden. Allerdings verschlechtert sich das Verhältnis von zurückgelegten zu abrechenbaren Kilometern drastisch. Der Anteil der Leerkilometer steigt auf etwa 30 %. Eine Bündelung von Fahrten findet nur noch in den Tagesspitzen statt, wodurch sich der Anteil der abrechenbaren Kilometer deutlich, auf ca. 85 %, reduziert. Bei einer Anpassung der Flottengröße sinkt der Anteil der abrechenbaren Kilometer noch einmal weiter ab.

Öffentlicher Verkehr im Sinne bezahlbarer Mobilität für Alle kann so voraussichtlich nicht ökonomisch umgesetzt werden.

13. Um Sammelverkehre effizient gestalten zu können, ist bereits ein geringes Maß an Flexibilität bei den Nutzern ausreichend.

Die Gegenüberstellung der Szenarien mit 30 Minuten Flexibilität und 10 Minuten Flexibilität zeigt sehr ähnliche Ergebnisse. Allerdings können 0,2 % der Fahrgäste nicht bedient werden. Eine minimal angepasste Disposition sollte dies jedoch beheben können. Um 99,9 % der Fahrtanfragen zu bedienen, muss die Fahrzeugflotte in der Simulation nur um 50 Fahrzeuge vergrößert werden.

Dahingegen weist der Vergleich zum Szenario mit 0 Minuten Flexibilität eine deutliche Verminderung der Effektivität des Flotteneinsatzes auf. Die gefahrenen Kilometer steigen von etwa 330.000 km auf etwa 470.000 km. Der Anteil der Leerkilometer steigt auf 27 % und der Anteil der abrechenbaren Kilometer fällt auf knapp 80 %.

Etwas Flexibilität der Nutzer ist also notwendig, um Sammelverkehre effektiv disponieren zu können. Allerdings ist ein geringes Maß an Flexibilität bereits ausreichend. Somit kann ein relativ komfortablerer Sammelverkehr umgesetzt werden.

14. Für die Umsetzung von Sammelverkehren und für einen effektiven Flotteneinsatz reicht auch im ländlichen Raum eine Voranmeldung der Fahrtwünsche 30 Minuten vor der Fahrt aus.

Eine Voranmeldung von 30 Minuten erhöht den Komfort der Fahrtbuchung erheblich im Vergleich zu einer Voranmeldung von 2 Stunden, wie sie in den Grundszenarien implementiert ist. Eine Vergrößerung der Flottengröße ist in geringem Maße notwendig. Mit einer leicht angepassten Disposition sollte eine Optimierung der Ergebnisse möglich werden. Im Vergleich dazu führt eine spontane Voranmeldung von 6 Minuten dazu, dass gut 8 % der Fahrtanfragen nicht bedient werden können. Eine weitere Auswirkung der kürzeren Voranmeldung ist, dass der Zeitraum der Flexibilität nicht komplett ausgenutzt werden kann und Fahrten tendenziell zeitlich etwas nach hinten geschoben werden.

Eine Voranmeldung von 30 Minuten scheint im ländlichen Raum ausreichend, um eine halbwegs spontane Fahrtbuchung zu ermöglichen ohne das Bündelungspotenzial nicht zu sehr zu beschneiden.

15. Um Sammelverkehre umsetzen zu können, muss den meisten Fahrgästen ein gewisser Umweg zugemutet werden. Allerdings muss dieser Umweg nicht besonders groß ausfallen.

Die Auswertung der Ergänzungsszenarien zeigt, dass Veränderungen im zulässigen Umwegfaktor zwar Auswirkungen auf die Effizienz des Flotteneinsatzes haben, jedoch eine Veränderung von 1,4 auf 1,2 nur geringe Auswirkungen mit sich bringt, die wahrscheinlich mit einer angepassten Disposition ausgeglichen werden könnten. Bei einem maximal zulässigen Umwegfaktor von 1,2 ergibt sich im Mittel nur ein Umwegfaktor von 1,1, was bei einer kürzesten Fahrzeit von 20 Minuten einer realen Fahrzeit von 22 Minuten entspricht.

Im Gegensatz dazu ist eine Bündelung ohne Umweg nicht möglich, was sich auch darin zeigt, dass für eine 99,9 %ige Abdeckung der Nachfrage die doppelte Menge an Fahrzeugen, im Vergleich zu einem Umwegfaktor von 1,4, benötigt würde.

16. Veränderungen in den Rahmenbedingungen (Dispositionsstrategie, Flexibilität und Voranmeldung) können die Anzahl der gefahrenen und abrechenbaren Kilometer und das Bündelungspotenzial deutlich beeinflussen.

Die Auswertung der Ergänzungsszenarien zeigt, dass Veränderungen in den Rahmenbedingungen, gerade im Disponenten, die Ergebnisse deutlich beeinflussen können. Für eine Potenzialabschätzung des Einsatzes eines Sammelverkehrs im ländlichen Raum ist der hier gewählte Ansatz ausreichend, bietet aber auch Potenzial zur Verbesserung. Weitere Kennwerte, wie Batteriereichweite und Ladedauer, können sich auf die Verfügbarkeit der Fahrzeuge auswirken. Je nach Mobilitätsangebot und der Bereitschaft der Fahrgäste, sich frühzeitig anzumelden, kann die Effektivität und die Effizienz des Verkehrsangebots unterschiedlich ausfallen.

17. Batterieelektrisch angetriebene Fahrzeuge mit eingeschränkter Reichweite können erfolgreich für einen Sammelverkehr im ländlichen Raum eingesetzt werden.

Die Effizienz des Flotteneinsatzes bei Fahrzeugen mit einer eingeschränkten Reichweite von 350 km und einer Ladepause von einer Stunde fällt nur geringfügig schlechter aus als bei Fahrzeugen mit den längeren Reichweiten eines Verbrennungsmotors. Durch eine angepasste Disposition könnte ein Teil dieser Differenz wieder reduziert werden.

18. Sonntags kann der Betrieb mit etwa einem Viertel der Fahrzeugflotte effizient umgesetzt werden.

Durch die reduzierte Wegeanzahl an Sonntagen (hier etwa 10 % der Wege eines Werktags) muss nur etwa $\frac{1}{4}$ der Fahrzeugflotte eingesetzt werden. Für einen Teil der Flotte könnten so notwendige Betriebspausen eingeplant werden, um zum Beispiel Wartungen oder Reinigungen durchzuführen.

19. Durch die Kombination von geeigneten Parametern kann ein komfortables, hochwertiges Mobilitätsangebot auf Basis von Sammelverkehren abgebildet werden.

Qualitativ hochwertige Sammelverkehre können mit geeigneten Parametern, wie kurzer Wartezeit und geringem Umwegfaktor, realisiert werden (Szenario Z8). Allerdings geht dies zu Lasten der Effizienz des Flotteneinsatzes, da die Fahrzeugflotte erheblich vergrößert werden muss, um die Nachfrage komplett abzudecken. Eine nachfrageabhängige Anpassung der Parameter und eine daraufhin optimierte Disposition könnten einen guten Kompromiss zwischen Komfort und Effizienz bilden.

20. Schülerverkehre können ohne Effizienzeinbußen und ohne Änderung der Flottengröße getrennt von der Beförderung regulärer Fahrgäste durchgeführt werden.

Schülerverkehre können getrennt von den restlichen Fahrtanfragen abgewickelt werden. Die benötigte gesamte Flottengröße fällt etwa gleich groß aus, da die Morgenspitze die Fahrzeuganzahl maßgebend beeinflusst. Bei Einsatz von 8-sitzigen Fahrzeugen für den Schülerverkehr, kann der Fahrzeugeinsatz reduziert werden. Beim Einsatz von größeren Fahrzeugen könnte sich gegebenenfalls auch die Anzahl der Fahrzeuge vor dem Schulstandort in einem erträglichen Rahmen halten.

Schülerverkehre können separat von der restlichen Nachfrage abgewickelt werden.

Eine Beförderung getrennt nach Schülern und allen anderen Nutzern führt zu zwei Fahrzeugflotten, die in ihrer Gesamtheit der vorher ermittelten Fahrzeugflottengröße entsprechen. Dies spricht dafür, Schülerverkehre auszukoppeln und in größeren Fahrzeugen abzuwickeln. Das führt auch dazu, dass für den Schülerverkehr große Fahrzeuge eingesetzt werden können und die Anzahl der Fahrzeuge vor den Schulstandorten nicht überhand nimmt.

8.3 Weitergehende Analysen

21. Der Betrieb mit Fahrern ist wirtschaftlich auszuschließen.

Selbst für die Abdeckung eines relativ niedrigen Nachfrageniveaus von ~ 12 % ÖV-Nachfrage würde eine sehr hohe Anzahl an Fahrern benötigt werden. Ausgehend von den durchschnittlichen Betriebszeiten je Fahrzeug wird ein Fahrer je Tag und Fahrzeug nicht ausreichen, um alle Fahrten umsetzen zu können. Wird zusätzlich die Annahme hinzugezogen, dass weitere 0,5 Fahrer je Fahrzeug notwendig sind, um urlaubs- und krankheitsbedingte Ausfälle abzudecken, ergibt sich eine notwendige Personalanzahl von $400 \times 2,5 = 1.000$ Fahrern. Bei einer Fahrzeugflotte von 2.100 Fahrzeugen würden ca. 5.250 Fahrer benötigt.

- 400 Fz x 2,5 Fahrer/Fz = 1.000 Fahrer
- 625 Fz x 2,5 Fahrer/Fz = 1.563 Fahrer
- 1.000 Fz x 2,5 Fahrer/Fz = 2.500 Fahrer
- 2.100 Fz x 2,5 Fahrer/Fz = 5.250 Fahrer

Ein Betrieb mit Personal ist unter diesen Voraussetzungen wirtschaftlich auszuschließen. Da eine Bündelung der Fahrten stattfindet, würde der Preis für den Nutzer voraussichtlich leicht unter dem Preis einer Taxifahrt liegen.

22. Ein autonomer Sammelverkehr kann zu vertretbaren Kosten umgesetzt werden.

Anschaffungskosten für autonome Fahrzeuge sind heute noch nicht bekannt. Um die Fahrtkosten für die Passagiere trotzdem abzuschätzen, wird auf eine Kostenschätzung von Sinner et al. aus dem Jahr 2017 zurückgegriffen:

Abgeschätzte Gesamtkosten für einen Midibus inklusive aller Kosten über 3 Jahre (Abschreibung, Zinsen, Materialkosten, Reifen, Treibstoff, externe Wartung, Versicherung, Gebäudeabschreibung, Betriebszentrale, Troubleshooter, interne Wartung, Betriebshof-Verwaltungspersonal und sonstiges) [SINNER, BRAWAND, UND WEIDMANN 2017].

- 190.000 CHF entspricht etwa 160.000 € (1 € = 1,172 CHF Deutsche Bank 09.02.18)
- 3 Jahre Laufzeit
- Jahresfahrleistung 60.000 km - 70.000 km

Unter der Annahme des Gesamtpreises von 160.000 € über 3 Jahre auf Basis der in der Simulation ermittelten Strecken und abrechenbaren Distanzen kann je nach Nachfrageniveau ein Kilometerpreis von ca. 0,22 € bis 0,33 € erreicht werden. Das entspricht der Gesamtsumme eines Fahrzeugs geteilt durch abrechenbare Kilometer über 3 Jahre. Dies liegt auch im Rahmen anderer Veröffentlichungen [FRIEDRICH UND HARTL 2017]. Werden mit der Annahme, dass kleinere Fahrzeuge geringere Kosten verursachen als der genannte Midibus, für die Gesamtkosten 120.000 € angesetzt, liegt der unsubventionierte Kilometerpreis für den Nutzer zwischen 0,16 € und 0,25 €. Die Überschreitung der angenommenen Jahresfahrleistung wird hier nicht weiter betrachtet.

Ein kleines Excel-Tool (Ergebnisse in Tabelle 31 und Tabelle 32: Nutzerkosten für die Simulationsergebnisse 2030) verdeutlicht die Veränderungen des Fahrpreises bei veränderten Rahmenbedingungen und dient so als erste Orientierung. Wenn detailliertere Kostensätze für autonome Fahrzeuge verfügbar sind, können diese für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung herangezogen werden.

Tabelle 31: Nutzerkosten für die Simulationsergebnisse 2012

	2012							
Nachfrage	~ 12%		~ 20%		~ 35%		~ 75%	
Sitzplätze	4	8	4	8	4	8	4	8
Anzahl Fz	400	350	625	550	1.000	8.50	2.100	1.650
Durchschnitt km/Fz und Tag [km]	396	434	398	415	407	425	428	417
Durchschnitt abrechenbare Distanz /Fz und Tag [km]	533	509	570	648	618	727	650	827
Jahresfahrleistung (Faktor 300) [km]	118.800	130.200	119.400	124.500	122.100	127.500	128.400	125.100
abrechenbare Kilometer/Jahr (Faktor 300) [km]	159.900	152.700	171.000	194.400	185.400	218.100	195.000	248.100
vereinfachter km-Preis für Nutzer bei 160.000 € Gesamtkosten	0,334 €	0,349 €	0,312 €	0,274 €	0,288 €	0,245 €	0,274 €	0,215 €
vereinfachter km-Preis für Nutzer bei 120.000 € Gesamtkosten	0,250 €	0,262 €	0,234 €	0,206 €	0,216 €	0,183 €	0,205 €	0,161 €
Durchschnitt abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km]	14,27	14,27	14,64	14,64	14,65	14,65	14,59	14,59
Durchschnittlicher Fahrpreis bei 160.000 € Gesamtkosten	4,76 €	4,98 €	4,57 €	4,02 €	4,21 €	3,58 €	3,99 €	3,14 €
Durchschnittlicher Fahrpreis bei 120.000 € Gesamtkosten	3,57 €	3,74 €	3,42 €	3,01 €	3,16 €	2,69 €	2,99 €	2,35 €

Tabelle 32: Nutzerkosten für die Simulationsergebnisse 2030

	2030							
Nachfrage	~ 12%		~ 20%		~ 35%		~ 75%	
Sitzplätze	4	8	4	8	4	8	4	8
Anzahl Fz	350	325	475	400	750	675	1550	1250
Durchschnitt km/Fz und Tag [km]	365	379	412	456	438	439	425	452
Durchschnitt abrechenbare Distanz /Fz und Tag [km]	478	514	569	676	639	707	678	841
Jahresfahrleistung (Faktor 300) [km]	109.500	113.700	123.600	136.800	131.400	131.700	127.500	135.600
abrechenbare Kilometer/Jahr (Faktor 300) [km]	143.400	154.200	170.700	202.800	191.700	212.100	203.400	252.300
vereinfachter km-Preis für Nutzer bei 160.000 € Gesamtkosten	0,372 €	0,346 €	0,312 €	0,263 €	0,278 €	0,251 €	0,262 €	0,211 €
vereinfachter km-Preis für Nutzer bei 120.000 € Gesamtkosten	0,279 €	0,259 €	0,234 €	0,197 €	0,209 €	0,189 €	0,197 €	0,159 €
Durchschnitt abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km]	13,71	13,71	14,15	14,15	14,13	14,13	14,10	14,10
Durchschnittlicher Fahrpreis bei 160.000 € Gesamtkosten	5,10 €	4,74 €	4,42 €	3,72 €	3,93 €	3,55 €	3,70 €	2,98 €
Durchschnittlicher Fahrpreis bei 120.000 € Gesamtkosten	3,82 €	3,56 €	3,32 €	2,79 €	2,95 €	2,66 €	2,77 €	2,24 €

23. Flexibilität und Wartezeit befinden sich in einem für den Nutzer akzeptablen Rahmen.

Die Flexibilität der Fahrgäste wird in der Disposition nicht komplett ausgenutzt. Ein Großteil der Fahrten wird in dem Zeitraum von -5 Minuten bis +15 Minuten disponiert. Dies verändert sich auch mit der Verkürzung der Voranmeldedauer auf 30 Minuten kaum. Allerdings werden bei einer „spontanen“ Voranmeldung einige Fahrten später disponiert, denn eine Disposition vor die -6 Minuten Marke ist hierbei logischerweise nicht möglich (vergleiche Bild 67).

Die Abweichung von der tatsächlichen Abfahrtszeit zur disponierten Abfahrtszeit könnte als Wartezeit betitelt werden. Eine überwiegende Mehrheit der Fahrten wird zum ursprünglich disponierten Fahrzeitpunkt begonnen. Wenige Fahrten werden über 2 Minuten verschoben. Die Anzahl der Fahrten, die eine längerer Verzögerung erfahren, ist vernachlässigbar klein (vergleiche Bild 22).

24. Das Modell ist gut geeignet, um eine Potenzialabschätzung durchzuführen. Das System ist robust gegenüber langfristigen Nachfrageänderungen. Allerdings handelt es sich nicht um eine Betriebssimulation.

Für eine Betriebssimulation werden weitere Parameter benötigt.

Zum Beispiel müssen Maßnahmen erarbeitet werden, wie der Disponent mit den folgenden Ereignissen umgehen soll:

- Stau/Verspätung,
- Langsames Ein-/Aussteigen,
- Warten auf Fahrgast,
- Fahrgast als „No-Show“.

25. Vergleich der Kosten von privaten Pkw heute und Kosten bei 100 % Abdeckung mit autonomen Sammelverkehren.

Um grob abschätzen zu können, was eine komplette Umstellung des heute im ländlichen Raum vorherrschenden Verkehrsmittels (das private Auto) auf ein öffentliches Sammelverkehrssystem auf Basis autonomer Fahrzeuge kosten oder einsparen würde, kann die folgende Vergleichsrechnung herangezogen werden.

Annahmen für den Vergleich in Tabelle 33:

- Durchschnittliche Fahrleistung: 14.015 km/Jahr³²
- Kosten Neuwagen: 29.650 €³³
- Durchschnittliches Pkw-Alter: 9,3 Jahre³⁴
- Kraftstoffverbrauch: 7,3 Liter/100 km³⁵
- Kraftstoff E10: 1,34 €/Liter³⁶
- Kosten für Garage, Versicherung, Steuern, Verschleiß, Wartung und Pflege³⁷

³² kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/verkehr_in_kilometern_node.html (letzter Aufruf 08.03.2018)

³³ de.statista.com/statistik/daten/studie/36408/umfrage/durchschnittliche-neuwagenpreise-in-deutschland (letzter Aufruf 08.03.2018)

³⁴ kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Fahrzeugalter/fahrzeugalter_node.html (letzter Aufruf 08.03.2018)

³⁵ umweltbundesamt.de/daten/verkehr/kraftstoffe (letzter Aufruf 08.03.2018)

³⁶ adac.de/infotestrat/tanken-kraftstoffe-und-antrieb/kraftstoffpreise/kraftstoff-durchschnittspreise/default.aspx (letzter Aufruf 08.03.2018)

³⁷ fr.de/leben/auto/autokosten-das-kostet-autofahren-im-leben-a-755373 (letzter Aufruf 08.03.2018) nach „Autofahren in Deutschland“

Tabelle 33: Jährliche Kosten der Fahrzeugflotte (Status quo) (eigene Darstellung aus diversen Quellen)

	Kosten/(1 Fz + Jahr)	Kosten Fz-Flotte MIV/Jahr	Kosten Fz-Flotte MIV/Jahr
Kosten Fahrzeug			
Fahrzeuganzahl im Landkreis	42.900 Fahrzeuge	42.900 Fahrzeuge	42.900 Fahrzeuge
Durchschnittliches Alter der Fahrzeuge	9,3 Jahre		
Erneuerungsrate (daraus)		4.613 Fz/Jahr	2.600 Fz/Jahr nach KBA
durchschnittliche Kosten Neuwagen	29.650 €	136.772.581 €/Jahr	77.090.000 €/Jahr
Kosten Kraftstoff			
durchschnittliche Fahrleistung	14.015 km/Jahr		
durchschnittlicher Verbrauch	7,3 Liter/100km		
durchschnittliche Kraftstoffkosten	1,34 €/Liter		
Kraftstoffkosten	1.3701 €/Fz und Jahr	58.813.639 €/Jahr	58.813.639 €/Jahr
Laufende Kosten			
Miete/Kauf Garage	376 €/Jahr	16.127.222 €/Jahr	16.127.222 €/Jahr
Versicherung + Steuern	1.076 €/Fz und Jahr	46.157.222 €/Jahr	46.157.222 €/Jahr
Verschleiß, Reifen	281 €/Fz und Jahr	12.075.556 €/Jahr	12.075.556 €/Jahr
Wartung/Ölwechsel	241 €/Fz und Jahr	10.327.778 €/Jahr	10.327.778 €/Jahr
Waschen/Pflege	313 €/Fz und Jahr	13.426.111 €/Jahr	13.426.111 €/Jahr
Laufende Kosten		98.113.889 €/Jahr	98.113.889 €/Jahr
Gesamtkosten Fahrzeugflotte			
Summe		293.700.109 €/Jahr	234.017.528 €/Jahr

Durchschnittliche jährliche Kosten für ein Fahrzeug aus den o.g. Quellen sind in Spalte 2 in Tabelle 33 dargestellt. Anschließend werden die jährlichen Kosten für die gesamte Fahrzeugflotte des Landkreises basierend auf zwei verschiedener Erneuerungsrate ermittelt (durchschnittliche Lebensdauer Pkw = 9,3 Jahre und Neuanmeldung laut KBA 2.600 Fz/Jahr). Als Vergleichswert steht die Annahme der Kosten eines autonomen Midibusses nach [SINNER, BRAWAND, UND WEIDMANN 2017] (siehe Ergebnis 22) zur Verfügung. Unter der Annahme, dass mehr als die bisher modellierten 75 % der Wege mit Fahrzeugen zurückgelegt werden, wird für den Vergleich eine Fahrzeuganzahl abgeschätzt, mit der alle Wege abgedeckt werden. Da die Fahrzeugflotte angepasst an steigende Nachfrageniveaus annähernd linear zunimmt, kann hier die folgende Annahme getroffen werden:

75 % Nachfrage (93.600 Fahrten) $\hat{=}$ 2.100 4-sitzige Fahrzeuge

100 % Nachfrage (126.300 Fahrten) $\hat{=}$ 2.800 4-sitzige Fahrzeuge

Bei einem Kostensatz von 160.000 €/3 Jahre (inkl. aller Kosten) ergibt sich der folgende Kostensatz für die Flotte/Jahr

$$160.000 \text{ €} / 3 \text{ Jahre} * 2.800 \text{ Fz} = 149.333.334 \text{ €/Jahr} \\ \approx 150.000.000 \text{ €/Jahr}$$

Bei dieser sehr überschlägigen Berechnung hätte der autonome Sammelverkehr einen Vorteil von rund 85.000.000 € pro Jahr, der sich auf alle Nutzer (allerdings nicht gleichmäßig) verteilen würde.

9 Schlussbetrachtung

9.1 Fazit

Öffentlicher Personennahverkehr im ländlichen Raum leidet unter immer weiter abnehmender Nachfrage und einer Konzentration auf eine Restnachfrage durch Schülerverkehre. Die Folge ist, dass entweder leere Busse in unattraktiver Taktfolge über Land fahren oder der Nahverkehr soweit ausgedünnt wird, dass die Nachfrage ganz einbricht. Hier können autonome Sammelverkehre die Grundversorgung aufrechterhalten und gleichzeitig ein attraktives Angebot schaffen, das auch wieder zu höheren Nutzerquoten beitragen kann.

Autonome Sammelverkehre sind eben nicht nur in Städten und urbanen Gebieten, sondern auch im ländlichen Raum einsetzbar. Denn auch hier können Fahrten sinnvoll gebündelt werden, was dazu führt, dass Fahrzeuge in einem Sammelverkehr gut ausgelastet werden und eine Fahrzeugflotte effizient eingesetzt werden kann.

Autonome Sammelverkehre im ländlichen Raum können für jeden erschwinglich sein, besonders, wenn sie als Ersatz des klassischen ÖPNVs gesehen und wie dieser heute subventioniert werden. Mit 0,16 €/km bis 0,37 €/km unsubventioniertem Endnutzerpreis ist Mobilität für die Meisten bezahlbar.

Mobilität für alle ließe sich mit einem Angebot auf der Basis autonomer Sammelverkehre mit etwa 6 % (mit Puffer 10 %) der heute im Landkreis zugelassenen Fahrzeuge umsetzen.

Ein solches System ist auch bereits bei relativ niedrigem Nachfrageniveau (zum Beispiel ~ 12 % Nachfrage) mit gutem Bündelungspotenzial umsetzbar und nimmt mit steigendem Nachfrageniveau an Effektivität zu. Durch die hohe Anzahl an eingesetzten Fahrzeugen und die langen täglichen Betriebsstunden ist ein traditioneller Betrieb mit Fahrern jedoch wirtschaftlich auszuschließen.

Durch die Bündelung erfolgt eine erhöhte Auslastung der Fahrzeuge. Bei durchschnittlich 2 bis 2,5 Personen/Fahrzeug können den Fahrgästen (in einem kilometerbasierten Tarif) mehr Kilometer in Rechnung gestellt werden (je Person kürzeste Quelle-Ziel-Verbindung) als tatsächlich von den Fahrzeugen zurückgelegt werden. 130 % bis 200 % der gefahrenen Kilometer könnten somit abgerechnet werden.

Die durchschnittliche tägliche Fahrleistung der Fahrzeuge liegt bei 360 km (4-Sitzer) bis 430 km, (8-Sitzer 2030) wobei Fahrleistung und Betriebszeit über die Flotte sehr stark schwanken, was aber im Betrieb über mehrere Tage ausgeglichen werden kann. Die Fahrzeuge können Jahresfahrleistungen von über 100.000 km erreichen.

Der Einsatz einer gemischten Flotte mit 4- und 8-sitzigen Fahrzeugen scheint sinnvoll. Homogene Flotten mit 4- oder 8-sitzigen Fahrzeugen können das volle Potenzial flexibler Verkehre nicht ausschöpfen. Nach Auswertung der Simulationsläufe sind etwa 20 % 8-sitzige Fahrzeuge ausreichend, um Nachfragespitzen effektiv mit einer hohen Fahrtbündelung abzudecken. Allerdings ist es notwendig, den Disponenten speziell auf die Zusammensetzung der Flotte abzustimmen.

Ein Mobilitätsangebot mit der Maßgabe, dass Fahrten nur gebündelt werden, wenn kein leeres Fahrzeug zur Verfügung stehen sollte, ist nicht effizient umzusetzen. Allerdings können Komfortfaktoren wie die Dauer der Voranmeldung, die Flexibilität der Abfahrtszeit und der zulässige Umwegfaktor niedriger angesetzt werden als ursprünglich angenommen, um die Nachfrage mit vergrößerter Fahrzeugflotte immer noch zuverlässig abzudecken. Eine Kombination von mehreren Komfortfaktoren führt logischerweise zu einer etwas geringeren Effizienz des Flotteneinsatzes.

Allerdings wird dem durch Optimierung im Disponenten wahrscheinlich entgegenzuwirken sein. Gut geeignet erscheint eine Dauer der Voranmeldung von 30 Minuten, eine Flexibilität der Abfahrtszeit von +/- 10 Minuten und ein zulässiger Umwegfaktor von 1,2 x schnellste Quelle-Ziel-Verbindung. Ein gewisses Maß an Flexibilität der Nutzer ist notwendig, um ein Mobilitätssystem mit Sammelverkehr umzusetzen.

Der Einsatz von Fahrzeugen mit batterieelektrischen Antrieben wäre auch heute schon mit Fahrzeugen mit Reichweiten von ca. 350 km sinnvoll umsetzbar. Die Effizienz des Flotteneinsatzes kann durch notwendige Ladepausen leicht reduziert sein.

An nachfrageschwachen Tagen, wie dem Sonntag, wird die werktags eingesetzte Fahrzeugflotte nicht ausgelastet. Dies bietet die Möglichkeit, Wartungs- und Reinigungstermine neben nachfrageschwachen Zeiten an regulären Werktagen auf nachfrageschwache Tage zu legen. In einer Betriebssimulation müsste der Fahrzeugeinsatz dann längerfristig geplant und simuliert werden.

Eine gesonderte Betrachtung der Schülerverkehre zeigt, dass eine getrennte Bedienung von Schülern und regulären Nutzern als durchaus sinnvoll erscheint. Die Anzahl der Fahrzeuge muss für eine getrennte Bedienung nicht angepasst werden. Da die Fahrzeuge im Schülerverkehr kürzere Einsatzzeiten aufweisen, ergeben sich mehr Zeitslots, in denen Fahrzeuge gewartet, gereinigt und geladen werden können. Bei einer Rotation der Fahrzeuge zwischen regulärem Betrieb und Schülerbetrieb könnten gegebenenfalls mehr solcher Ruhezeiten ausgenutzt werden, um Fahrzeuge instand zu halten.

9.2 Übertragbarkeit auf andere Räume

Eine Übertragbarkeit des entwickelten Modells auf beliebige Räume ist durch seinen modularen Aufbau gegeben. Da ländliche Räume vielfältig in ihrer strukturellen Ausprägung sind, werden die Ergebnisse der Simulation je nach Struktur des betrachteten Raums und der angesetzten Nachfrage unterschiedlich ausfallen. Deshalb ist es wichtig, die jeweiligen spezifischen Merkmale des zu betrachtenden ländlichen Raums im Modell abzubilden. Darüber hinaus kann das Modell mit den vergleichbaren Anpassungen wie für die Umsetzung für andere ländliche Räume auch an die Anforderungen von Städten angepasst werden.

Um das Modell ohne Veränderung am Disponenten an einen neuen Betrachtungsraum anzupassen, sind die folgenden Änderungen innerhalb des Modells (in AnyLogic) notwendig:

- neue, an den Betrachtungsraum angepasste Haltestellenliste,
- neue Q-Z-Matrix mit jeweils kürzester Verbindung zwischen den Haltestellen,
- ggf. Anpassung der eingesetzten Fahrzeuggrößen,
- neue Nachfrageliste(n)
(extrapoliert aus bestehender Erhebung oder modelliert über 4-Stufen-Algorithmus).

Sollten Veränderungen am Disponenten notwendig sein, z.B. wenn eine veränderte Dispositionsstrategie für den Raum notwendig erscheint, müssen diese in AnyLogic oder direkt in Java umgesetzt werden.

9.3 Weiterer Forschungsbedarf

Das Ziel dieser Arbeit ist, eine Potenzialanalyse zur Abschätzung der Umsetzbarkeit autonomer Sammelverkehre im ländlichen Raum zu erstellen. Dieses Ziel ist erreicht.

Das erstellte Modell bietet darüber hinaus Möglichkeiten, die Potenzialabschätzung weiterzuentwickeln.

Mögliche Erweiterungen der Potenzialabschätzung:

- Betrachtung von Wegekettten und Abbildung komplexen Mobilitätsverhaltens (umfangreichere Haushaltsbefragung als Datengrundlage erforderlich),
- Implementation von Betriebshöfen und Ladesäulen/Tankstellen sowie realitätsnahen Ladedauern, Reinigungs- und Wartungszyklen,
- weitere Simulationen von kombinierten Parameteränderungen,
- detailliertere Lösungen für den Schülerverkehr (ggf. mit größeren Fahrzeugen),
- Optimierung der Disposition (ggf. Fahrzeugwechsel nach ursprünglicher Zuweisung),
- Identifikation von Erfolgsfaktoren,
- mögliche Erweiterungen:
 - Fahrzeugkomfort,
 - Wunsch nach Einzelfahrten,
 - Modell auf Basis der gewünschten Ankunftszeit.

Soll das Modell als Grundlage einer Betriebssimulation herangezogen werden, muss es weiter präzisiert werden. Unter Anderem sind Überlegungen zum Umgang mit den unten genannten Sonderfällen notwendig. Zudem muss bei einer Betriebssimulation abgeschätzt werden, wie wichtig es für den Untersuchungsraum und die Akzeptanz des Angebots ist, 100 % der nachgefragten Fahrten abzudecken oder gegebenenfalls abgelegene Orte nicht zu bedienen. Alternativ könnten auch die Qualitätskriterien für Fahrten gelockert werden, die nur knapp nicht im Rahmen der festgelegten Kriterien bedienbar sind.

Notwendige Überlegungen für die Umsetzung in einer Betriebssimulation:

- Optimierung der Disposition
 - Zuweisung der 8-sitzigen Fahrzeuge auf nachfragestarke Korridore,
- variable Voranmeldungsdauer,
- Umgang mit Stau/Verspätung,
- Umgang mit verzögertem/langsamem Ein-/Aussteigen,
- Warten auf Fahrgast,
- Umgang mit Fahrgästen als „No-Show“.

Für eine Betriebssimulation muss der Disponent in AnyLogic oder direkt in Java angepasst werden.

Um grundlegende Informationen für den Einsatz autonomer Sammelverkehre in einem typischen ländlichen Raum zu ermitteln, sollte das Modell in weiteren, anders strukturierten, ländlichen Räumen angewendet werden, um die Ergebnisse miteinander vergleichen zu können.

Auf mögliche Auswirkungen auf die Raumstruktur und Anforderungen an die Straßenraumgestaltung durch den Einsatz autonomer Fahrzeuge im Sammelverkehr wird in dieser Arbeit nicht weiter eingegangen. Jedoch sollten sich Kommunen, Städte, Verkehrs-, Stadt- und Raumplaner frühzeitig mit der Thematik auseinandersetzen und sich mit Chancen und Risiken vertraut machen.

Quellen

- Ackermann, Till; Röhrleef, Martin; Deutsch, Volker. 2015. Zukunftsszenarien Autonome Fahrzeuge: Chancen und Risiken für Verkehrsunternehmen. Positionspapier. Köln: VDV.
- Ackermann, Till; Röhrleef, Martin. 2016. Herausforderung Digitalisierung für die ÖV-Branche: Autonomes Fahren als Teil der Plattformökonomie.
In: *Der Nahverkehr* 2016 (11), S. 1-5..
- Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.). 2016a. Daseinsvorsorge und gleichwertige Lebensverhältnisse neu denken: Perspektiven und Handlungsfelder. Positionspapier aus der ARL 108. Hannover: Verlag der ARL.
- Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.). 2016b. Migration und Raumentwicklung. Positionspapier aus der ARL 105. Hannover: Verlag der ARL.
- Autoscout (Hrsg.). 2015. Unser Auto von morgen 2015: Einschätzungen, Wünsche und Visionen. München: AutoScout24 GmbH.
- BAST. 2012. Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung: Gemeinsamer Schlussbericht der Projektgruppe. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Fahrzeugtechnik Heft F 83. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW Verlag für neue Wissenschaft GmbH.
- BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.). 2014. Laufende Raumbbeobachtung.
http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Raumbbeobachtung/UeberRaumbbeobachtung/Komponenten/LaufendeRaumbbeobachtung/laufenderaumbbeobachtung_node.html zuletzt geprüft am 04.02.2018.
- BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.). 2017. Raumordnungsbericht 2017: Daseinsvorsorge sichern. Bonn: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.
- Bertelsmann Stiftung. 2017. Demographiebericht: Daten – Prognosen Kronach (im Landkreis Kronach). Gütersloh: Bertelsmann Stiftung. <http://www.wegweiser-kommune.de/kommunen/kronach-kc> zuletzt geprüft am: 03.02.2018.
- Bertocchi, Timo. 2009. Einsatzbereiche von ÖPNV-Bedienungsformen im ländlichen Raum. Kassel: kassel university press GmbH.
- Bertoncello, Michele; Wee, Dominik. 2015. Ten ways autonomous driving could redefine the automotive world. McKinsey and Company
- Blumer, Yann. 2016. E-Bike-Fahren regt zum Umdenken an. Zürich: ZHAW School of Management and Law.
<https://www.zhaw.ch/de/medien/medienmitteilungen/detailansicht-medienmitteilung/news-single/bike4car-e-bike-fahren-regt-zum-umdenken-an/>
zuletzt geprüft am: 03.02.2018.
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.). 2015. Die Zukunftsstadt: CO₂-neutral, energie-/ressourceneffizient, klimaangepasst und sozial. Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung.

- BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.). 2007. Verkehr und Umwelt – Herausforderungen: Probleme und Erfolge der Verkehrs- und Umweltpolitik in Deutschland. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
- BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 2016. Bundesverkehrswegeplan 2030: Entwurf März 2016. Berlin: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur.
- Böhler, Susanne et al. 2009. Handbuch zur Planung flexibler Bedienungsformen im ÖPNV: Ein Beitrag zur Sicherung der Daseinsvorsorge in nachfrageschwachen Räumen. Bonn: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.
- Boltze, Manfred et al. 2008. Alternative Bedienungsformen sichern Mobilität im Umland. In: *Der Nahverkehr* (11/2008) 8-14.
- Boltze, Manfred et al. 2016. Mobilitätsbericht 2016: Leitlinien – Entwicklungen – Perspektiven. Wiesbaden: Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung (Hrsg.)
- Canzler, Weert. 2016. Räumliche Mobilität und regionale Unterschiede: Art und Umfang der räumlichen Mobilität. In: Statistisches Bundesamt (Destatis) und Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB) (Hrsg.): Datenreport 2016: Ein Sozialbericht für die Bundesrepublik Deutschland. Bonn: Bundeszentrale für politische Bildung. S. 341-346.
- Chilla, Tobias; Morhardt, Tobias; Braun, Boris. 2008. Jenseits der Speckgürtel: Wanderungsabsichten von Schulabsolventen und der demographische Wandel im ländlichen Raum: Das Beispiel des Landkreises Haßberge in Unterfranken. In: *Raumforschung und Raumordnung* 66 (3) 260-270.
- Cohen, Boyd; Kietzmann, Jan. 2014. "Ride on! Mobility Business Models for the Sharing Economy. In: *Organization & Environment* 27 (3) 279-296.
- Crößmann, Anja; Schüller, Frank. 2016. Arbeitsmarkt und Verdienste: Arbeitsmarkt. In: Statistisches Bundesamt (Destatis) und Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB) (Hrsg.): Datenreport 2016: Ein Sozialbericht für die Bundesrepublik Deutschland. Bonn: Bundeszentrale für politische Bildung. S. 125-138.
- Dedy, Helmut. 2016. Luftreinhaltung – Das Dilemma Der Städte. In: *Städtetag aktuell* 2016 (7) 6-7.
- Destatis, Statistisches Bundesamt. 2015. Bevölkerung Deutschlands bis 2060: 13. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Dieplinger, M.; Kummer, S. 2014. Analyse und Auswirkungen von Fahrverboten – Erkenntnisse aus einem umgesetzten Mobilitätskonzept. In: Proff, Heike (Hrsg.): Radikale Innovationen in der Mobilität. Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 483-497.
- Düll, Nicola et al. 2016. Arbeitsmarkt 2030: Digitalisierung der Arbeitswelt. Fachexpertisen zur Prognose 2016. ZEW-Gutachten und Forschungsberichte. München: Economix Research & Consulting im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales.
- Einem von, Eberhard. 2016. Mieten – Wohngeld – Kosten Der Unterbringung. In: Einem von, Eberhard (Hrsg.): Wohnen: Markt in Schieflage – Politik in Not, Stadtforschung aktuell. Wiesbaden: Springer Fachmedien.

- Ester, Patrick (Hrsg.). 2016. Studie Mobilität 2025: Koexistenz oder Konvergenz von IKT für Automotive? Anforderungen der vernetzten Mobilität von morgen an Fahrzeuge, Verkehrs- und Mobilfunkinfrastruktur im BMWi Förderprogramm IKT für Elektromobilität II: Smart Car – Smart Grid – Smart Traffic. Berlin: VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.
- Executive Office of the President (Hrsg.) 2016. Artificial Intelligence, Automation, and the Economy. Washington, D.C.: Executive Office of the President.
- Felbermayr, Gabriel et al. 2013. Dimensionen und Auswirkungen eines Freihandelsabkommens zwischen der EU und den USA. München: Studie des ifo-Instituts im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie.
- FGSV. 2009a. Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen: HBS. Köln: FGSV-Verlag.
- FGSV. 2009b. Richtlinien für integrierte Netzgestaltung (RIN). Ausgabe 2008. Köln: FGSV-Verlag.
- Follmer, Robert; Brand, Thorsten; Gruschwitz Dana. 2010. Mobilität in Deutschland 2008: Ergebnisbericht – Hessen. Bonn: infas Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH.
- Frey, Carl Benedikt; Osborne, Michael A. 2013. The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation. Oxford: Oxford Martin Programme on Technology and Employment.
- Friedrich, Markus; Ritz, Charlotte. 2014. Was bringt wie viel? Alte und neue Verkehrs- und Mobilitätskonzepte für Städte. In: Tagungsbericht Heureka 14, Köln: FGSV-Verlag.
- Friedrich, Markus; Hartl, Maximilian. 2016. Modellergebnisse geteilter autonomer Fahrzeugflotten des öffentlichen Nahverkehrs (Megafon). Stuttgart: Universität Stuttgart Institut für Straßen- und Verkehrswesen Lehrstuhl für Verkehrsplanung und Verkehrsleittechnik.
- Gerny, Daniel. 2016. Open Data: Das Smartphone wird zum wichtigsten Verkehrsmittel. In: Neue Zürcher Zeitung. <https://www.nzz.ch/schweiz/aktuelle-themen/open-data-das-smartphone-wird-zum-wichtigsten-verkehrsmittel-ld.131923> zuletzt geprüft am: 03.02.2018.
- Grobecker, Claire; Pötzsch, Olga; Sommer, Bettina. 2016. Bevölkerung und Demografie: Bevölkerungsstand und Bevölkerungsentwicklung. In: Statistisches Bundesamt (Destatis) und Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB) (Hrsg.): Datenreport 2016: Ein Sozialbericht für die Bundesrepublik Deutschland. Bonn: Bundeszentrale für politische Bildung. S. 13-27.
- Groer, Stefan. 2015. Klimaschutzaktivitäten deutscher Städte im Verkehrssektor: Eine vergleichende Fallstudie zu lokalen Einflussfaktoren und Motivationen. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt Schriftenreihe des Instituts für Verkehr.
- Grösch, L. 2013. Autonomes Fahren — Utopie oder Wirklichkeit?: Neuartige Mobilitätskonzepte systematisch entwickeln. In: Proff, Heike (Hrsg.): Radikale Innovationen in der Mobilität. Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 253-266.
- Groth, Sören. 2016. Multimodal Divide: Zum sozialen Ungleichgewicht materieller Verkehrsmittelooptionen. In: *Internationales Verkehrswesen* 68 (1/2016) 66-69.
- Hamari, Juho; Sjöklint, Mimmi; Ukkonen, Antti. 2016. The Sharing Economy: Why People Participate in Collaborative Consumption. In: *Journal of the Association for Information Science and Technology* 67 (9) 2047-2059.

- Hars, A. 2013. Wie Revolutionär Sind Selbstfahrende Fahrzeuge? — Eine Wirkungskettenanalyse. In: Proff, Heike (Hrsg.): Radikale Innovationen in der Mobilität. Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 267-283.
- Hartl, M., Magg, C., Friedrich, M. 2017. Ridesharing – Ein Modellierungsansatz für das Matching von Fahrtwünschen in makroskopischen Verkehrsnachfragemodellen. In: Tagungsbericht Heureka 17, Köln, FGSV Verlag.
- Hempel, Leon et al. 2011. Subjektive Sicherheit im öffentlichen Personennahverkehr: Test und Evaluation ausgewählter Maßnahmen. Gemeinsamer Abschlussbericht 2011. Berlin: Zentrum Technik und Gesellschaft der Technischen Universität Berlin (ZTG).
- Henkel, Frank et al. 2016. Autonomous vehicles – The legal landscape in Germany. In: Norton Rose Fulbright whitepaper (Hrsg.): Autonomous vehicles: The legal landscape in the US and Germany.
- Hoppe, Katrin; Palm, Henning. 2016. Der Fahrgast Im Mittelpunkt. Design Thinking als Antwort auf die neuen Herausforderungen des ÖPNV im Zeitalter des Kunden. In: *Der Nahverkehr* (11/2016) 44-49.
- Huß, Steffen; Frick, Carolin; Keck, Moritz. 2016. Erneuerung der städtischen Mobilität. Wie kann ein Shuttle-System den kompletten motorisierten Individualverkehr in Hamburg ersetzen? Darmstadt: flinc GmbH.
- Infas und DLR – Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH und Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. 2010. Mobilität in Deutschland 2008: Ergebnisbericht Struktur – Aufkommen – Emissionen – Trends. Bonn und Berlin. Beauftragt vom: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.
- ITF International Transport Forum (Hrsg.). 2015. A New Paradigm for Urban Mobility: How Fleets of Shared Vehicles Can End the Car Dependency of Cities. Corporate Partnership Board Report.
- ITF International Transport Forum. 2016 (Hrsg.). Shared Mobility: Innovation for Liveable Cities. Corporate Partnership Board Report.
- Jacoby, Christian; Wappelhorst, Sandra (Hrsg.) 2016. Potenziale neuer Mobilitätsformen und -technologien für eine nachhaltige Raumentwicklung. Arbeitsberichte der ARL 18. Hannover: Verlag der ARL.
- Justen, Andreas et al. 2016. Beachtliches Verkehrswachstum bis 2040." In: *Strasse und Verkehr* (10/2016) 6-15.
- Kaether, Johann; Dehne, Peter; Neubauer, Anja. 2016. Regionalstrategie Daseinsvorsorge: Leitfaden für die Praxis. Berlin: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur.
- KBA – Kraftfahrt-Bundesamt. 2015. Fahrzeugzulassungen (FZ): Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Zulassungsbezirken 1. Januar 2015. Flensburg: Kraftfahrt-Bundesamt.
- Kari, Rissanen. 2016. Kutsuplus – Final Report. HSL Publications 8/2016. Helsinki: Helsinki Regional Transport Authority (HSL).
- Kirchhoff, Peter. 1987. Verbesserung des ÖPNV im ländlichen Raum durch technische und planerische Maßnahmen. In: *Der Nahverkehr* (6/1987) 19-25.
- Kohoutek, Sven. 2018. Ansätze zur Smart Mobility. In: *Der Nahverkehr* (3/2018) 30-39.

- Krämer, Peter. 2016. „Garantiert mobil!“. Konzept zur nachhaltigen Sicherung öffentlicher Mobilität im ländlichen Raum. Michelstadt: Geschäftsbereich Nahverkehr der Odenwald-Regional-Gesellschaft (OREG) mbH.
- Krämer, Peter. 2018. „garantiert mobil!“. Konzept zur nachhaltigen Sicherung öffentlicher Mobilität im ländlichen Raum oder Der Odenwald in der digitalen Welt der „on-demand-Mobilität“. Michelstadt: Geschäftsbereich Nahverkehr der Odenwald-Regional-Gesellschaft (OREG) mbH.
- Kröhnert, Steffen; Morgenstern, Annegret; Klingholz, Reiner. 2007. Talente, Technologie und Toleranz – Wo Deutschland Zukunft hat. Berlin: Berlin-Institut für Bevölkerung und Entwicklung.
- Küchler, Thomas; Rindlisbacher, Samuel. 2016. SOB: Intermodale Mobilitätsplattform. In: *Strasse und Verkehr* (10/2016) 16-20.
- Kuhnimhof, Tobias et al. 2012. Travel trends among young adults in Germany: increasing multimodality and declining car use for men. In: *Journal of Transport Geography* (24) 443-450.
- Laberer, Christian; Winkler, Ronald. 2016. Mobilitätssicherung im ländlichen Raum: Herausforderungen, Handlungsfelder, Empfehlungen. Positionspapier. München: ADAC.
- Lang, Nikolaus et al. 2016. Self-driving vehicles, robo-taxis, and the urban mobility revolution. Boston: The Boston Consulting Group.
- Lanzendorf, Martin; Busch-Geertsema, Annika. 2014. The cycling boom in large German cities — empirical evidence for successful cycling campaigns. In: *Transport Policy* (36) 26-33.
- Libbe, Jens. 2012. Energiewende – eine strategische Herausforderung für die Städte. In: Deutsches Institut für Urbanistik (Hrsg.): Difu-Berichte. Projekte, Veröffentlichungen, Veranstaltungen und Standpunkte des Difu (1/2012). Berlin: AZ Druck und Datentechnik.
- Litman, Todd. 2016. Autonomous Vehicle Implementation Predictions: Implications for Transport Planning. Victoria: Victoria Transport Policy Institute.
- Lübbe, Hermann. 1997. Modernisierung und Folgelasten: Trends kultureller und politischer Evolution. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Martinez, Luis M.; Correia, Gonçalo H. A.; Viegas, José M. 2015. An agent-based simulation model to assess the impacts of introducing a shared-taxi system: an application to Lisbon (Portugal). In: *Journal of Advanced Transportation* (49) 475-495.
- Middelberg, Ulf. 2016. Das Umsteigen beginnt im Kopf – der harte Wettbewerb mit dem Pkw: Die Bewertung des ÖPNV in einer aktuellen Befragung offenbart eine Reihe von deutlichen Änderungen des öffentlichen Meinungsbildes. In: *Der Nahverkehr* (11/2016) 16-20.
- Naumann, Karl-Peter. 2002. Sicherheit aus der Sicht des Fahrgastes. Tagung zur ÖPNV-Sicherheit am 16./17. Oktober 2002. Berlin: ProBahn. https://www.probahn.de/disk/pdf/sicherheit_0210.pdf zuletzt geprüft am 03.02.2018.
- Nobis, Claudia. 2006. Car Sharing as a Key Contribution to Multimodal und Sustainable Mobility Behavior – the Situation of Car Sharing in Germany. Berlin: German Aerospace Center – Institute of Transport Research.
- PBefG. Personenbeförderungsgesetz, Bundesrepublik Deutschland, Stand 20.07.2017.

- Phleps, Peter; Feige, Irene; Zapp, Kerstin. 2015. Die Zukunft Der Mobilität: Szenarien für Deutschland in 2035. München: Institut für Mobilitätsforschung (ifmo).
- Rammler, Stephan. 2016. Digitaler Treibstoff: Chancen und Risiken des Einsatzes digitaler Technologien und Medien im Mobilitätssektor. Nummer 310 der (digitalen) Reihe Study der Hans-Böckler-Stiftung. https://www.boeckler.de/pdf/p_study_hbs_310.pdf zuletzt geprüft am 03.02.2018.
- Ried, Walter. 2016. Gesundheitsversorgung im ländlichen Raum: Ziele und Indikatoren. In: Herbst, Michael; Frieder Düinkel; Benjamin Stahl (Hrsg.). Daseinsvorsorge und Gemeinwesen im ländlichen Raum. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Rieger, Sebastian et al. 2016. CarSharing 2025 – Nische oder Mainstream? Grundlagenstudie im Auftrag des Instituts für Mobilitätsforschung (ifmo).
- Rosenzweig, Juan und Michael Bartl. 2015. A Review and Analysis of Literature on Autonomous Driving. In: The Making-of Innovation, E-Journal. Oktober 2015. http://www.michaelbartl.com/co-creation/wp-content/uploads/Lit-Review-AD_Mol.pdf zuletzt geprüft am 03.02.2018.
- Rüger, Bernhard. 2005. Bereitschaftselastizität – Empirische Ermittlung zum Verkehrsmittelwahlverhalten. Dresden: 20. Verkehrswissenschaftliche Tage.
- Ruolff, Paula. 2016. Carsharing im ländlichen Raum: Von Weltverbesserern zum Social investment – Das Beispiel Co-wheels in Großbritannien. In: *Der Nahverkehr* (11/2016) 60-63.
- Sauter-Servaes, Thomas. 2016. Aufbruch ins Zeitalter der Permamobilität – Ende des Stillstands. In: *Internationales Verkehrswesen* (68) 1/2016: 20.
- Schmitt, V.; Sommer, Carsten. 2013. „Mobilfalt“ – Ein Mitnahmesystem als Ergänzung des ÖPNV in ländlichen Räumen. In: Proff, Heike (Hrsg.): Schritte in die künftige Mobilität. Wiesbaden: Springer Fachmedien. S.401-413.
- Schräpler, Jörg-Peter et al. 2015. Altersarmut in Deutschland – regionale Verteilung und Erklärungsansätze. In: Bertelsmann Stiftung (Hrsg.): Analysen und Konzepte aus dem Programm „LebensWerte Kommune“. Ausgabe 4/2015. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.
- Schüller, Frank; Wingerter, Christian. 2016. Räumliche Mobilität und regionale Unterschiede: Berufspendler. In: Statistisches Bundesamt (Destatis) und Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB) (Hrsg.): Datenreport 2016: Ein Sozialbericht für die Bundesrepublik Deutschland. Bonn: Bundeszentrale für politische Bildung. S. 347-349.
- Shaheen, Susan A.; Mallery, Mark A.; Kingsley, Karla J. 2012. Personal vehicle sharing services in North America. In: *Research in Transportation Business & Management* (3/2012) 71-81.
- Shaheen, Susan; Stocker, Adam; Bhattacharyya, Abhinav. 2016. Multimobility and Sharing Economy: Shaping the Future Market Through Policy and Research. In: Transportation Research Circular, Number E-C210. (July 2016). Transportation Research Board. <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec210.pdf> zuletzt geprüft am 03.02.2018.
- Shell Deutschland Oil GmbH (Hrsg.). 2014. Shell PKW-Szenarien bis 2040: Fakten, Trends und Perspektiven für Auto-Mobilität. Hamburg: Shell Deutschland Oil GmbH.
- Sinner, Marc; Brawand, Sergio; Weidmann, Ulrich. 2017. Große Chancen durch Automatisierung im ÖPNV. In: *Der Nahverkehr* (10/2017) 30-36.

- Sommer, Carsten; Mucha, E. 2014. Integrierte Multimodale Mobilitätsdienstleistungen. In: Proff, Heike (Hrsg.): Radikale Innovationen in der Mobilität. Wiesbaden: Springer Fachmedien. S. 499-514.
- Sommer, Carsten et al. 2016. Mobilitäts- und Angebotsstrategien in ländlichen Räumen: Planungsleitfaden für Handlungsmöglichkeiten von ÖPNV-Aufgabenträgern und Verkehrsunternehmen unter besonderer Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte flexibler Bedienformen. Berlin: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur.
- Spellerberg, Annette. 2016. Räumliche Mobilität und regionale Unterschiede: Regionale Disparitäten. In: Statistisches Bundesamt (Destatis) und Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB) (Hrsg.): Datenreport 2016: Ein Sozialbericht für die Bundesrepublik Deutschland. Bonn: Bundeszentrale für politische Bildung. S. 350-360.
- Statistisches Bundesamt. 2016a. Alterung der Bevölkerung durch aktuell hohe Zuwanderung nicht umkehrbar. Pressemitteilung vom 20. Januar 2016 – 021/16. Wiesbaden. https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2016/01/PD16_021_12421pdf.pdf?__blob=publicationFile zuletzt geprüft am 03.02.2018.
- Statistisches Bundesamt. 2016b. Statistisches Jahrbuch Deutschland und Internationales 2016. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Steinrück, Barbara; Küpper, Patrick. 2010. Mobilität in ländlichen Räumen unter besonderer Berücksichtigung bedarfsgesteuerter Bedienformen des ÖPNV. Braunschweig: Institut für ländliche Räume. Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI) Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei.
- Taskinen, Johanna; Karvonen, Riku; Salonen, Arto O. 2017. Why Do People Switch to a Modern on-Demand Ride Service Based on Sharing? Background and Motivation of Kyyti Rideshare Passengers in Finland. In: ICoMaaS, Tampere 28.-29.11.2017 Conference Proceedings. 1st International Conference of Mobility as a Service. Tampere University of Technology. S. 52-59.
- VCÖ (Hrsg.). 2015. Multimodale Mobilität erfolgreich umsetzen. VCÖ-Schriftenreihe Mobilität mit Zukunft (1/2015). Wien: VCÖ.
- Verband der Automobilindustrie (VBA). 2015. Automatisierung: Von Fahrerassistenzsystemen zum automatisierten Fahren. Berlin: Brandenburgische Universitätsdruckerei und Verlagsgesellschaft Potsdam mbh.
- Verkehrsministerkonferenz. 2016. Beschluss-Sammlung der Verkehrsministerkonferenz am 6./7. Oktober 2016 in Stuttgart. https://www.verkehrsministerkonferenz.de/VMK/DE/termine/sitzungen/16-10-06-07-vmk/16-10-06-07-beschluss.pdf?__blob=publicationFile&v=2 zuletzt geprüft am 03.02.2018.
- Weckström, Christoffer et al. 2017. User Perspectives on Emerging Mobility Services: Ex Post Analysis of Kutsuplus Pilot. In: ICoMaaS, Tampere 28.-29.11.2017 Conference Proceedings. 1st International Conference of Mobility as a Service. Tampere University of Technology. S. 60-81.

-
- Weiß, Christine et al. 2016. Deutsches Mobilitätspanel (MOP) – Wissenschaftliche Begleitung und Auswertungen Bericht 2015/2016: Alltagsmobilität. Karlsruhe: Institut für Verkehrswesen Karlsruher Institut für Technologie (KIT).
https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/mop-jahresbericht-2015-2016.pdf?__blob=publicationFile zuletzt geprüft am 03.02.2018.
- Wittowsky, D.; Preißner, C. L. 2014. Einstellungsorientierte Akzeptanzanalyse zur Elektromobilität im Fahrradverkehr. In: Proff, Heike (Hrsg.): Radikale Innovationen in der Mobilität. Wiesbaden: Springer Fachmedien. S. 445-460.
- Zistel, Meinhard. 2015. Flexible Bedienungsformen: Genehmigung und Rechtsfolgen. Thesenpapier zur Fachtagung am 3. Februar 2015. Köln: Verband Deutscher Verkehrsunternehmen.
<https://www.vdv.de/vdv-thesenpapier-flexible-bedienungsformen.pdf> zuletzt geprüft am 03.02.2018.

Anhang

Der Anhang mit den folgenden Bestandteilen befindet sich auf der beiliegenden CD:

Anhang 1 Namenskonvention der Haltestellen

Anhang 2 Extrapolationsfaktor Bevölkerungsanteile

Anhang 3 Modellaufbau

Anhang 4 Szenarienübersicht + Flottengröße

Anhang 5 Grundszenarien Datenblätter

Anhang 6 Ergänzungsszenarien Datenblätter

Sammelverkehr mit autonomen Fahrzeugen im ländlichen Raum

Anhang zur Dissertation

Dipl.-Ing. Moritz von Mörner



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Institut für
Verkehrsplanung
und Verkehrstechnik
TU Darmstadt

Inhaltsverzeichnis

Anhang 1 Namenskonvention der Haltestellen	3
Anhang 2 Extrapolationsfaktor Bevölkerungsanteile	8
Anhang 3 Modellaufbau	9
Anhang 3.1 Modell – Module	10
Anhang 3.2 Modell – Disponent	11
Anhang 3.3 Modell – Validierung – kürzeste Quelle-Ziel Verbindung	12
Anhang 4 Szenarienübersicht + Flottengröße	15
Anhang 4.1 Szenarienübersicht	16
Anhang 4.2 Flottengröße	17
Anhang 4.2.1 Ermittlung Flottengröße G 1.1 (2012/2030)	18
Anhang 4.2.2 Ermittlung Flottengröße G 1.2 (2012/2030)	21
Anhang 4.2.3 Ermittlung Flottengröße G 2.1 (2012/2030)	24
Anhang 4.2.4 Ermittlung Flottengröße G 2.2 (2012/2030)	27
Anhang 4.2.5 Ermittlung Flottengröße G 3.1 (2012/2030)	30
Anhang 4.2.6 Ermittlung Flottengröße G 3.2 (2012/2030)	33
Anhang 4.2.7 Ermittlung Flottengröße G 4.1 (2012/2030)	36
Anhang 4.2.8 Ermittlung Flottengröße G 4.2 (2012/2030)	39
Anhang 5 Grundszenarien Datenblätter	42
Anhang 5.1 G 1.1: ~ 12 % Nachfrage 4-Sitzer (2012/2030)	43
Anhang 5.2 G 1.2: ~ 12 % Nachfrage 8-Sitzer (2012/2030)	49
Anhang 5.3 G 2.1: ~ 20 % Nachfrage 4-Sitzer (2012/2030)	55
Anhang 5.4 G 2.2: ~ 20 % Nachfrage 8-Sitzer (2012/2030)	61
Anhang 5.5 G 3.1: ~ 35 % Nachfrage 4-Sitzer (2012/2030)	67
Anhang 5.6 G 3.2: ~ 35 % Nachfrage 8-Sitzer (2012/2030)	73
Anhang 5.7 G 4.1: ~ 75 % Nachfrage 4-Sitzer (2012/2030)	79
Anhang 5.8 G 4.2: ~ 75 % Nachfrage 8-Sitzer (2012/2030)	85
Anhang 6 Ergänzungsszenarien Datenblätter	91
Anhang 6.1 Kombination Fahrzeuggrößen	92
Z 1.1: Kombination Fahrzeuggrößen (75% 4-Sitzer / 25% 8-Sitzer) (2030)	93
Z 1.2: Kombination Fahrzeuggrößen (50% 4-Sitzer / 50% 8-Sitzer) (2030)	96
Z 1.3: Kombination Fahrzeuggrößen (25% 4-Sitzer / 75% 8-Sitzer) (2030)	99
Anhang 6.2 Dispositionsregel	102
Z2: Dispositionsregel „Hoher Komfort“	103
Anhang 6.3 Flexibilität der Abfahrtzeit	106
Z 3.1: Flexibilität der Abfahrtzeit +/- 10 Minuten (2030)	107
Z 3.2: Flexibilität der Abfahrtzeit +/- 0 Minuten (2030)	110

Anhang 6.4 Voranmeldung	113
Z 4.1: Voranmeldung – 30 min (2030)	114
Z 4.2: Voranmeldung spontan – 6 min (2030)	117
Anhang 6.5 Umwegfaktor	120
Z 5.1: Umwegfaktor 1,2 (2030)	121
Z 5.2: Umwegfaktor 1,0 (2030)	124
Anhang 6.6 Fahrzeuge mit Batterie	127
Z 6: BEV Batterieelektrische Fahrzeuge (2030)	128
Anhang 6.7 alternativer Tag	130
Z 7.1: alternativer Tag – Sonntag 750 Fahrzeuge (2030)	131
Z 7.2: alternativer Tag – Sonntag 200 Fahrzeuge (2030)	134
Anhang 6.8 Kombination	136
Z 8.1: Kombination – Voranmeldung 30 min; Umwegfaktor 1,4; Flexibilität 10 min	137
Z 8.2: Kombination – Voranmeldung 30 min; Umwegfaktor 1,2; Flexibilität 10 min	139
Anhang 6.9 Schülerverkehre	141
Z 9.1: Betrachtung ohne Schülerverkehr ~ 75% Nachfrage 2012/2030 (4-Sitzer)	142
Z 9.2: Betrachtung nur Schülerverkehr ~ 75% Nachfrage 2012/2030 (4-Sitzer)	148
Z 9.3: Betrachtung nur Schülerverkehr ~ 75% Nachfrage 2012/2030 (8-Sitzer)	153

Anhang 1 Namenskonvention der Haltestellen

Die ersten 2 Ziffern = Gemeinde

Zweiten 2 Ziffern = Ortsteil

Dann weitere 1-3 Ziffern durchgezählt = Haltestellen

Kennung	Ort	Ortsteil	Haltestellennummerierung	
			von	bis
9901	Kronach	/	01	122
9902	Kronach	Blumau	01	02
9903	Kronach	Breitenloh	01	10
9904	Kronach	Dennach	01	02
9905	Kronach	Dobersgrund	01	04
9906	Kronach	Dörfles	01	11
9907	Kronach	Fischbach	01	18
9908	Kronach	Friesen	01	20
9909	Kronach	Gehülz	01	14
9910	Kronach	Geiersgraben	01	03
9911	Kronach	Glosberg	01	08
9912	Kronach	Gundelsdorf	01	15
9913	Kronach	Hinterstöcken	01	11
9914	Kronach	Höfles	01	06
9915	Kronach	Horlachen	01	04
9916	Kronach	Kaulanger	01	01
9917	Kronach	Knellendorf	01	08
9918	Kronach	Löhnshof	01	03
9919	Kronach	Neuses	01	22
9920	Kronach	Ruppen	01	04
9921	Kronach	Seelabach	01	14
9922	Kronach	Seelach	01	07
9923	Kronach	Vogtendorf	01	09
9924	Kronach	Wötzelsdorf	01	07
9925	Kronach	Ziegelerden	01	21
9926	Kronach	Zollbrunn	01	03
9927	Kronach	Kreutzberg	01	01
9501	Küps	/	01	43
9502	Küps	Au	01	09
9503	Küps	Burkersdorf	01	08
9504	Küps	Hain	01	06
9505	Küps	Hummenberg	01	11
9506	Küps	Johannisthal	01	16
9507	Küps	Melm	01	06

Kennung	Ort	Ortsteil	Haltestellennummerierung	
			von	bis
9508	Küps	Nagel	01	05
9509	Küps	Oberlangenstadt	01	08
9510	Küps	Schmölz	01	21
9511	Küps	Theisenort	01	16
9512	Küps	Tiefenklein	01	03
9513	Küps	Tüschnitz	01	18
8801	Ludwigsstadt	/	01	33
8802	Ludwigsstadt	Ebersdorf	01	15
8803	Ludwigsstadt	Lauenhain	01	05
8804	Ludwigsstadt	Lauenstein	01	16
8805	Ludwigsstadt	Ottendorf	01	09
8806	Ludwigsstadt	Steinbach an der Haide	01	06
8807	Ludwigsstadt	Thünahof	01	01
8501	Marktrodach	/	01	35
8502	Marktrodach	Großvichtach	01	06
8503	Marktrodach	Kleinvichtach	01	06
8504	Marktrodach	Oberrodach	01	14
8505	Marktrodach	Seibelsdorf	01	11
8506	Marktrodach	Unterrodach	01	35
8507	Marktrodach	Waldbuch	01	03
8508	Marktrodach	Zeyern	01	16
7701	Mitwitz	/	01	26
7702	Mitwitz	Bächlein	01	03
7703	Mitwitz	Burgstall	01	04
7704	Mitwitz	Hof a. d. Steinach	01	04
7705	Mitwitz	Horb a. d. Steinach	01	02
7706	Mitwitz	Kaltenbrunn	01	03
7707	Mitwitz	Leutendorf	01	03
7708	Mitwitz	Neubau	01	01
7709	Mitwitz	Neundorf	01	08
7710	Mitwitz	Schwärzdorf	01	04
7711	Mitwitz	Steinach	01	04
7712	Mitwitz	Lochleithen	01	01
7501	Nordhalben	/	01	29
7502	Nordhalben	Heinersberg	01	04
7503	Nordhalben	Mauthaus	01	01
7504	Nordhalben	Neumühle	01	29
6601	Pressig	/	01	27
6602	Pressig	Eila	01	03
6603	Pressig	Förtischendorf	01	15
6604	Pressig	Friedersdorf	01	04

Kennung	Ort	Ortsteil	Haltestellennummerierung	
			von	bis
6605	Pressig	Grössau	01	03
6606	Pressig	Marienroth	01	03
6607	Pressig	Posseck	01	07
6608	Pressig	Rothenkirchen	01	28
6609	Pressig	Welitsch	01	07
6501	Reichenbach	/	01	15
5501	Schneckenlohe	/	01	11
5502	Schneckenlohe	Beikheim	01	06
5503	Schneckenlohe	Mödlitz	01	05
5504	Schneckenlohe	Neubrand	01	04
5001	Steinbach am Wald	/	01	28
5002	Steinbach am Wald	Buchbach	01	10
5003	Steinbach am Wald	Hirschfeld	01	08
5004	Steinbach am Wald	Kehlbach	01	11
5005	Steinbach am Wald	Windheim	01	20
4501	Steinwiesen	/	01	31
4502	Steinwiesen	Berglesdorf	01	08
4503	Steinwiesen	Birnbaum	01	09
4504	Steinwiesen	Eisenhammer	01	01
4505	Steinwiesen	Leitschtal	01	02
4506	Steinwiesen	Neufang	01	09
4507	Steinwiesen	Nurn	01	09
4508	Steinwiesen	Schlegelshaid	01	04
4401	Stockheim	/	01	33
4402	Stockheim	Burggrub	01	18
4403	Stockheim	Haig	01	11
4404	Stockheim	Haßlach	01	10
4405	Stockheim	Mostholz	01	04
4406	Stockheim	Neukenroth	01	21
4407	Stockheim	Reitsch	01	12
4408	Stockheim	Wolfersdorf	01	04
3501	Tettau	/	01	17
3502	Tettau	Alexanderhütte	01	10
3503	Tettau	Kleintettau	01	14
3504	Tettau	Langenau	01	07
3505	Tettau	Sattelgrund	01	02
3506	Tettau	Schauberg	01	08
3301	Teuschnitz	/	01	18
3302	Teuschnitz	Haßlach	01	11
3303	Teuschnitz	Wickendorf	01	11
2501	Tschirn	/	01	14

Kennung	Ort	Ortsteil	Haltestellennummerierung	
			von	bis
2201	Wallenfels	/	01	32
2202	Wallenfels	Lorchenmühle	01	01
2203	Wallenfels	Neuengrün	01	03
2204	Wallenfels	Schnaid	01	12
2205	Wallenfels	Schnappenhammer	01	04
2206	Wallenfels	Wellesberg	01	01
2207	Wallenfels	Wellesmühle	01	01
2208	Wallenfels	Wolfersgrün	01	04
1501	Weißbrunn	/	01	24
1502	Weißbrunn	Eichenbühl	01	03
1503	Weißbrunn	Friedrichsburg	01	03
1504	Weißbrunn	Gössersdorf	01	06
1505	Weißbrunn	Grün	01	04
1506	Weißbrunn	Hummendorf	01	12
1507	Weißbrunn	Neuenreuth	01	03
1508	Weißbrunn	Reuth	01	01
1509	Weißbrunn	Schleyreuth	01	02
1510	Weißbrunn	Schlottermühle	01	02
1511	Weißbrunn	Thonberg	01	10
1512	Weißbrunn	Wildenberg	01	04
1101	Wilhelmsthal	/	01	16
1102	Wilhelmsthal	Effelter	01	08
1103	Wilhelmsthal	Eibenberg	01	02
1104	Wilhelmsthal	Gifting	01	04
1105	Wilhelmsthal	Grüntal	01	05
1106	Wilhelmsthal	Hesselbach	01	09
1107	Wilhelmsthal	Lahm	01	09
1108	Wilhelmsthal	Roßlach	01	01
1109	Wilhelmsthal	Steinberg	01	24
1110	Wilhelmsthal	Grümpel	01	02

Ziele außerhalb des Landkreises				
Kennung	Ort	Ortsteil	Haltestellennummerierung	
1201	Bad Lobenstein		01	01
1202	Bad Steben		01	01
1203	Brugkunstadt		01	01
1204	Ebersdorf		01	01
1205	Geroldsgrün		01	01
1206	Gestungshausen		01	01
1207	Grafendobrach		01	01
1208	Hassenberg		01	01
1209	Heinersdorf		01	01
1210	Judenbach		01	01
1211	Kirchlein		01	01
1212	Kulmbach		01	01
1213	Lehesten		01	01
1214	Leutenberg		01	01
1215	Losau		01	01
1216	Mainleus		01	01
1217	Mannsgereuth		01	01
1218	Marktgraitz		01	01
1219	Probstzella		01	01
1220	Redwitz		01	01
1221	Röttersdorf		01	01
1222	Rugendorf		01	01
1223	Heberndorf		01	01
1224	Sonnefeld		01	01
1225	Spechtsbrunn		01	01
1226	Trainau		01	01
1227	Unterlangenstadt		01	01
1228	Weidhausen		01	01
1229	Wurzbach		01	01
1230	Bamberg		01	01
1231	Bayreuth		01	01
1232	Coburg		01	01
1233	Hof		01	01

Anhang 2 Extrapolationsfaktor Bevölkerungsanteile

Alter	Schüler	Azubi	Erwerbstätig	Rentner	Sonstiges	2012 Anzahl nach Demographie- bericht	Faktor 2012	Korrektur Faktor 2012	2030 Anzahl nach Demographie- bericht	Faktor 2030	Korrektur Faktor 2012
0						467			369		
1					4	500	125,10	1	382	190,94	1
2					1	471	235,39	1	392	391,76	1
3					5	494	99,76	1	399	132,78	1
4			1		3	458	114,40	1	408	204,11	1
5	1				7	491	61,32		415	103,70	
6	30				2	491	15,33		421	26,34	
7	59					500	8,48		428	14,27	
8	71					556	7,84		435	12,07	
9	64					570	8,90		438	13,68	
10	102					599	5,87		441	8,65	
11	103					645	6,26		448	8,61	
12	119					662	5,56		454	7,57	
13	145		1			672	4,60		458	6,27	
14	141		0			639	4,53		454	6,40	
15	131	10	1	1		741	5,14		464	6,45	
16	92	34	1	0	1	665	5,20		467	7,30	
17	80	55	2	1	0	655	4,75		464	6,73	
18	30	60	7	0	8	691	6,58		461	8,70	
19	7	38	17	0	11	754	10,33		471	12,72	
20	8	27	37	1	12	747	8,79		444	10,34	
21	6	18	33	0	13	744	10,48		454	12,62	
22	9	11	50	0	15	770	9,06		435	10,11	
23	2	8	55	0	12	675	8,76		461	11,82	
24	3	8	41	0	8	711	11,85		454	15,14	
25	2	6	44	0	7	705	11,94		467	15,58	
26		1	64	0	7	655	9,10		491	13,63	
27		2	56	0	4	678	10,94		510	16,46	
28		0	78	0	6	714	8,50		527	12,54	
29		1	71	0	7	668	8,35		553	13,83	
30		1	87	0	3	718	7,89		573	12,45	
31		0	75	0	6	737	9,10		579	14,13	
32		1	78	0	3	695	8,47		586	14,29	
33	1		85	1	9	734	7,65		629	13,10	
34			102	0	1	665	6,65		616	11,84	
35			106	0	4	724	6,58		616	11,19	
36	1		71	0	9	724	8,94		635	15,50	
37		1	95	0	5	685	6,78		678	13,30	
38		1	90	1	3	757	7,89		695	14,47	
39			85	0	5	810	9,00		711	15,80	
40			141	1	6	942	6,36		757	10,23	
41			113	1	7	984	8,07		721	11,82	
42			149	2	7	1.060	6,71		751	9,50	
43			147	4	6	1.100	6,96		737	9,33	
44			160	4	7	1.169	6,83		718	8,35	
45			187	3	3	1.221	6,30		721	7,43	
46		1	161	2	6	1.221	7,18		741	8,71	
47			160	1	15	1.238	7,03		721	8,19	
48			184	2	13	1.254	6,30		760	7,60	
49			158	9	6	1.291	7,46		770	8,85	
50			205	7	19	1.228	5,32		741	6,39	
51			155	4	13	1.307	7,60		764	8,88	
52			166	8	19	1.228	6,30		728	7,42	
53			142	8	14	1.218	7,57		751	9,27	
54			144	15	14	1.156	6,68		751	8,63	
55			146	14	22	1.123	6,17		724	7,96	
56			126	14	13	1.044	6,82		774	10,05	
57			121	24	20	1.093	6,62		813	9,80	
58			125	26	17	1.021	6,07		915	10,90	
59			117	17	19	984	6,43		961	12,48	
60			102	38	27	945	5,59	1.014		11,93	
61			58	49	15	978	8,01	1.050		17,22	
62			70	67	16	922	6,02	1.109		14,41	
63			40	113	11	928	5,66	1.139		13,89	
64			20	109	14	830	5,80	1.129		15,68	
65			13	156	3	754	4,38	1.136		13,21	
66			4	106	2	698	6,23	1.136		20,28	
67			5	121	0	510	4,05	1.149		18,24	
68			1	92	2	629	6,62	1.090		22,70	
69			6	75	0	678	8,27	1.132		27,62	
70			3	115	2	612	5,10	1.057		17,61	
71			1	94	2	823	8,48	1.030		21,03	
72			1	105	2	971	8,99		965	17,86	
73			1	127	0	961	7,51		919	14,35	
74			0	136	1	889	6,49		846	12,26	
75			2	131		872	6,56		863	12,87	
76			0	103		807	7,83		790	15,19	
77			0	103		767	7,45		737	14,18	
78			1	105		698	6,58		685	12,92	
79			0	81		527	6,50		691	16,86	
80			0	84		546	6,51		629	14,97	
81			0	41		507	12,37		602	28,69	
82			1	42		487	11,33		523	23,79	
83			1	50		451	8,84		451	17,35	
84			0	47		402	8,55		388	16,19	
85			1	38		349	8,95		263	13,17	
86			0	27		323	11,95		309	22,10	
87			0	22		273	12,42		306	27,83	
88			0	27		204	7,56		240	17,17	
89			0	9		148	16,46		286	57,28	30
90			1	13		132	9,41		273	39,04	30
91				4		86	21,40	20	230	115,22	30
92				1		46	46,09	20	171	171,19	30
93				0		30			135		
94				3		23	7,68		102	51,03	30
95				1		13	13,17		79	79,01	30
96						13			53		
97						13			33		
98						10			30		
99						0			23		
100									13		

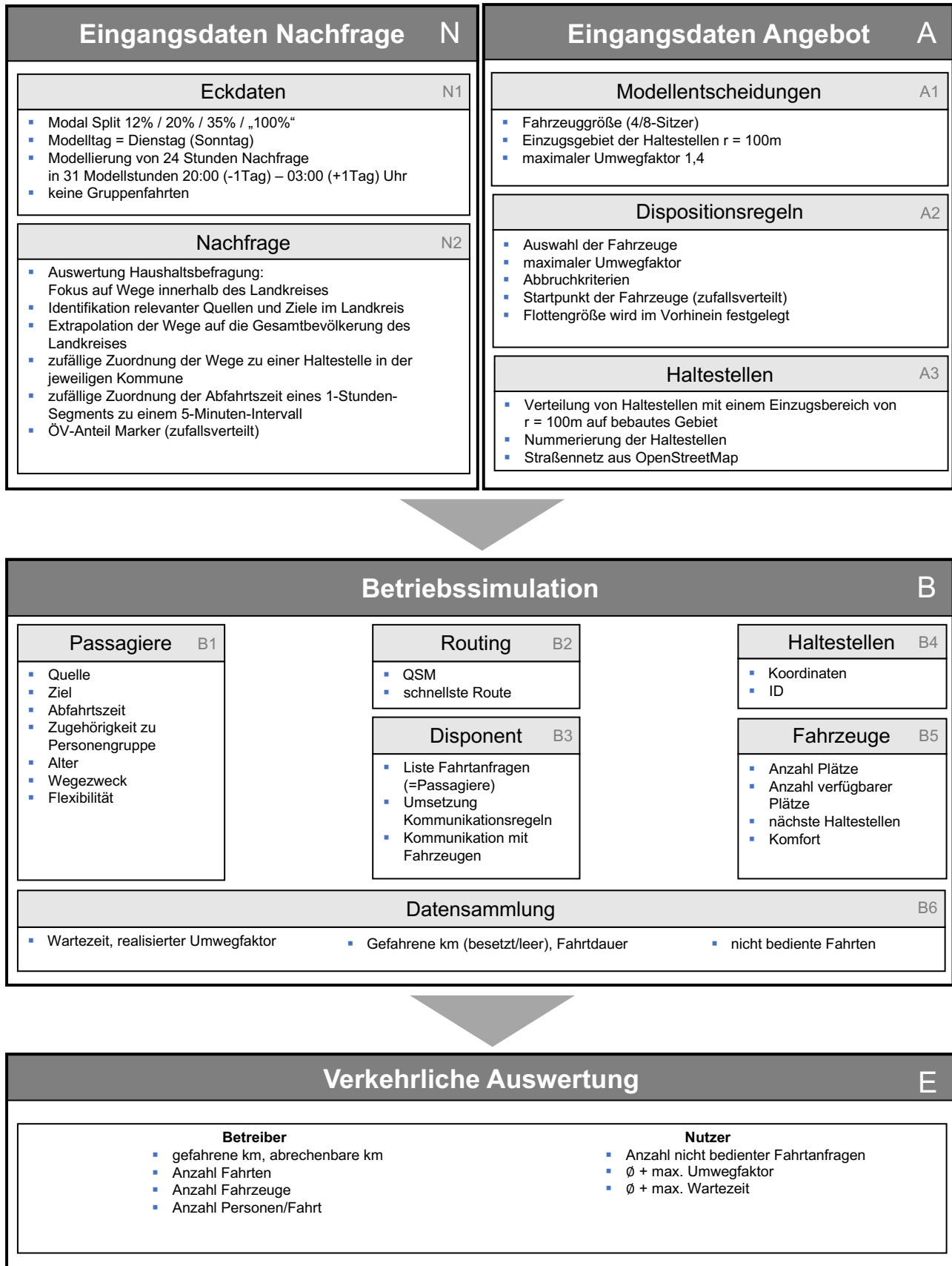
Anhang 3 Modellaufbau

3.1 Modell – Module

3.2 Modell – Disponent

3.2 Modell – Validierungsansatz

Anhang 3.1 Modell – Module



Anhang 3.3 Modell – Validierung – kürzeste Quelle-Ziel Verbindung

Sammelverkehr mit autonomen Fahrzeugen im ländlichen Raum

Quelle ID	Ziel ID	Fahrtdauer OSM [min]	Distanz OSM [km]	Fahrtdauer Google [min]	Distanz Google [km]	Abweichung Zeit	Abweichung Distanz
110920	440410	10,92	9,16	11,63	9,058	7%	-1%
990501	500210	30,70	25,50	27,88	25,537	-9%	0%
950608	440105	15,22	12,62	15,97	12,692	5%	1%
150122	350202	44,26	39,61	43,02	37,274	-3%	-6%
150609	440122	16,84	14,06	17,05	14,023	1%	0%
951106	770501	8,02	6,65	8,00	6,661	0%	0%
330106	440114	21,31	17,72	20,17	16,946	-5%	-4%
950112	500128	41,50	34,47	37,92	34,476	-9%	0%
440135	880305	27,80	23,08	25,23	24,828	-9%	8%
850618	122001	21,90	18,16	23,23	18,387	6%	1%
9901108	350206	35,73	32,55	33,87	30,193	-5%	-7%
650112	500207	15,81	13,11	15,48	13,205	-2%	1%
850618	880408	44,83	37,24	40,35	37,282	-10%	0%
350104	770801	38,49	30,04	35,13	32,177	-9%	7%
950202	151001	7,98	6,62	8,57	6,646	7%	0%
440138	951019	16,59	13,85	16,25	13,793	-2%	0%
880201	500118	13,79	11,45	13,75	11,745	0%	3%
991503	880603	55,21	45,86	54,35	49,441	-2%	8%
850402	450128	8,78	7,29	9,35	7,275	6%	0%
660806	991708	16,69	13,88	17,52	13,841	5%	0%
850508	660819	32,52	27,01	31,28	24,375	-4%	-10%
330118	992104	30,82	25,65	29,17	24,864	-5%	-3%
950136	9901052	8,87	7,38	9,55	7,37	8%	0%
9901064	750130	30,24	25,11	30,42	25,311	1%	1%
220116	991917	19,80	16,36	21,02	16,449	6%	1%
150108	990912	12,81	10,62	13,45	10,631	5%	0%
150121	850624	13,39	11,11	14,25	11,551	6%	4%
440801	660304	14,08	11,70	13,33	11,704	-5%	0%
951020	850633	14,29	11,86	14,68	11,885	3%	0%
450123	660904	27,09	22,48	29,65	22,494	9%	0%
950502	111002	23,83	19,79	22,73	19,778	-5%	0%
550105	150902	17,51	14,53	17,62	14,86	1%	2%
121801	110924	25,63	21,24	26,17	21,484	2%	1%
770402	660301	28,66	23,79	26,83	23,903	-6%	0%
660809	440120	9,55	7,93	9,32	7,95	-2%	0%
9901133	350201	39,06	35,32	42,57	35,565	9%	1%
440110	450121	26,53	17,61	23,95	18,804	-10%	7%
850614	450605	16,23	13,47	16,45	13,147	1%	-2%
991906	660706	19,85	16,49	20,28	16,712	2%	1%
110501	440405	13,06	10,94	13,07	10,852	0%	-1%
110609	350605	31,09	26,17	30,52	26,167	-2%	0%
770202	220804	33,18	27,53	35,23	29,3	6%	6%
990904	750102	34,09	28,30	35,22	30,173	3%	7%
110505	9901067	11,22	9,32	11,23	9,339	0%	0%
440802	450206	21,99	18,16	20,73	17,552	-6%	-3%
880207	500404	12,06	10,01	12,70	10,009	5%	0%
660315	950125	32,56	27,08	30,40	27,079	-7%	0%
660314	770907	25,51	21,19	24,18	21,224	-5%	0%
110601	992403	22,20	18,44	24,00	18,644	8%	1%
770303	440131	12,57	10,44	13,75	10,476	9%	0%
750102	9901134	27,08	22,47	25,33	22,248	-6%	-1%
121601	770401	35,97	29,81	34,87	29,124	-3%	-2%
9901056	660312	26,03	21,62	25,12	20,521	-4%	-5%
990802	440218	10,35	8,59	10,93	8,491	6%	-1%
660503	440408	13,32	11,06	14,25	11,076	7%	0%
220110	500411	42,72	35,48	39,77	38,041	-7%	7%
992406	950308	18,70	15,53	17,80	15,062	-5%	-3%
110909	750113	29,45	24,50	26,87	22,676	-9%	-7%
500515	9901135	33,42	27,65	30,33	29,166	-9%	5%
500204	9901032	29,43	24,55	29,62	26,826	1%	9%
950908	330210	42,80	35,55	40,47	35,808	-5%	1%
440804	500103	20,26	16,83	18,62	16,881	-8%	0%
951202	991205	16,82	13,94	16,52	13,968	-2%	0%
110919	951301	16,77	13,91	17,88	13,943	7%	0%
450121	9901098	14,33	11,86	12,98	11,153	-9%	-6%
9901056	440503	13,28	11,03	13,67	10,249	3%	-7%
750118	850305	22,85	18,98	21,83	18,979	-4%	0%
951110	440307	15,70	13,04	16,67	13,107	6%	1%
110704	770118	27,20	23,15	25,62	23,494	-6%	1%
9901070	500501	34,35	28,54	32,48	30,75	-5%	8%
450124	750102	12,97	10,77	12,13	10,624	-6%	-1%

Quelle ID	Ziel ID	Fahrtdauer OSM [min]	Distanz OSM [km]	Fahrtdauer Google [min]	Distanz Google [km]	Abweichung Zeit	Abweichung Distanz
850807	330117	31,37	26,05	29,25	26,079	-7%	0%
990702	500127	40,84	33,92	39,97	35,852	-2%	6%
880206	440132	32,61	27,09	29,85	28,76	-8%	6%
330111	992205	31,40	26,12	29,82	25,341	-5%	-3%
950120	991707	13,65	11,29	14,57	11,316	7%	0%
450125	660122	25,28	20,98	27,10	21,003	7%	0%
440618	950102	22,32	18,59	22,83	18,574	2%	0%
880125	9901060	38,81	32,26	36,63	33,239	-6%	3%
950303	880406	53,14	44,15	48,07	44,237	-10%	0%
330109	990802	21,71	18,04	21,22	18,288	-2%	1%
110903	440702	9,84	8,27	9,53	8,314	-3%	1%
850623	150105	14,14	11,73	15,48	11,737	10%	0%
750107	440216	39,26	32,60	36,42	30,295	-7%	-7%
150602	150406	10,58	8,78	9,57	8,784	-10%	0%
450130	880125	40,03	33,25	36,40	33,229	-9%	0%
750130	990707	31,43	26,10	30,98	26,691	-1%	2%
770907	950612	14,15	11,59	13,28	11,956	-6%	3%
9901094	950134	9,64	7,98	10,53	7,863	9%	-1%
440305	110206	24,37	20,24	22,78	20,14	-7%	0%
771003	850617	22,60	18,68	22,35	17,841	-1%	-4%
151203	500404	43,79	36,36	41,25	36,423	-6%	0%
950616	650106	36,25	30,11	32,80	30,366	-10%	1%
440305	850616	13,67	11,25	14,45	11,166	6%	-1%
750102	770303	35,74	29,76	35,75	31,266	0%	5%
951017	850505	18,92	15,70	18,58	15,727	-2%	0%
770702	850816	21,21	17,61	20,17	17,622	-5%	0%
110202	951111	25,97	21,56	24,60	21,596	-5%	0%
660401	850604	27,64	22,89	26,88	21,216	-3%	-7%
9901112	350208	38,98	33,59	38,33	35,822	-2%	7%
950610	440121	15,65	13,00	14,70	13,047	-6%	0%
650110	950615	36,55	30,36	35,37	30,946	-3%	2%
151201	660401	33,11	27,49	34,15	27,524	3%	0%
550404	991212	21,93	18,09	20,73	17,544	-5%	-3%
880102	440131	28,92	24,02	26,88	24,895	-7%	4%
950203	440135	16,74	13,91	17,18	13,842	3%	0%
880504	991903	42,88	35,60	39,82	35,991	-7%	1%
220411	990808	22,31	18,51	22,05	19,65	-1%	6%
110708	992306	19,23	15,98	20,25	16,18	5%	1%
330201	9901082	31,09	25,83	28,12	26,084	-10%	1%
991920	950903	9,40	7,81	8,52	7,782	-9%	0%
111001	850616	12,24	10,16	12,95	10,164	6%	0%
770117	500511	34,98	29,05	32,13	29,563	-8%	2%
850801	550111	23,27	19,30	23,22	19,343	0%	0%
660104	450116	25,92	21,50	28,07	21,523	8%	0%
550205	9901032	11,28	9,37	10,88	9,372	-4%	0%
9901078	440605	14,21	11,81	13,62	12,725	-4%	8%
110607	660703	11,26	9,35	12,08	9,325	7%	0%
992405	650111	38,67	32,12	37,37	32,589	-3%	1%
991902	991102	12,71	10,55	11,58	10,406	-9%	-1%
110604	660812	18,58	15,43	19,32	15,416	4%	0%
770117	440614	15,48	12,85	16,15	13,136	4%	2%
450115	991910	19,04	15,73	20,02	15,815	5%	1%
151002	220412	34,78	28,86	33,95	28,904	-2%	0%
950906	330303	34,75	28,86	32,87	29,22	-5%	1%
9901095	330208	31,97	26,56	30,13	26,815	-6%	1%
151101	660808	25,30	21,00	26,45	21,044	5%	0%
350401	220114	41,01	34,05	40,30	34,539	-2%	1%
9901123	110109	11,18	9,29	11,65	9,343	4%	1%
750112	950201	36,01	29,77	34,30	30,223	-5%	2%
450308	950606	22,35	18,55	21,58	18,456	-3%	-1%
770202	9901057	13,15	10,95	12,72	10,941	-3%	0%
110504	9901125	12,48	10,37	13,23	10,387	6%	0%
990602	440118	12,10	10,05	12,78	10,444	6%	4%
330118	110920	20,15	16,74	19,83	16,978	-2%	1%
110601	150403	25,21	20,94	26,65	21,137	6%	1%
850808	990706	11,26	9,35	12,15	9,568	8%	2%
660908	880213	29,38	24,41	27,48	24,634	-6%	1%
350110	440801	28,56	26,59	27,65	24,502	-3%	-8%
450801	850302	15,85	13,15	16,55	12,949	4%	-2%
950615	440128	16,94	14,08	18,55	14,509	9%	3%
500105	991405	34,35	28,47	32,12	29,82	-7%	5%

Sammelverkehr mit autonomen Fahrzeugen im ländlichen Raum

Quelle ID	Ziel ID	Fahrtdauer OSM [min]	Distanz OSM [km]	Fahrtdauer Google [min]	Distanz Google [km]	Abweichung Zeit	Abweichung Distanz
991202	950501	15,98	13,27	15,50	13,264	-3%	0%
951109	330206	37,76	31,37	35,83	31,606	-5%	1%
330206	440136	26,53	22,03	24,42	21,208	-8%	-4%
990301	440129	13,05	10,83	14,25	10,904	9%	1%
440126	880405	32,29	26,83	29,72	27,654	-8%	3%
660311	440106	15,78	13,10	15,97	13,074	1%	0%
9901018	750301	24,97	20,70	26,53	22,142	6%	7%
750106	660823	29,28	24,31	27,90	24,345	-5%	0%
880212	350115	14,10	10,71	14,67	10,759	4%	0%
750129	660820	26,55	22,04	24,13	22,072	-9%	0%
660811	330208	16,80	13,96	16,27	14,627	-3%	5%
440701	450204	21,80	18,00	21,28	17,38	-2%	-3%
330302	992406	32,15	26,71	31,30	27,238	-3%	2%
770904	110116	25,87	21,47	24,58	20,043	-5%	-7%
950616	330302	30,50	25,34	28,60	25,697	-6%	1%
951310	880305	46,41	38,38	43,52	40,167	-6%	5%
660306	120301	42,26	34,97	43,28	34,916	2%	0%
950202	770701	9,58	7,95	10,07	7,982	5%	0%
500201	150504	39,79	33,06	37,18	33,134	-7%	0%
660310	750121	22,22	18,45	20,80	18,457	-6%	0%
950805	110112	24,92	20,69	26,48	20,07	6%	-3%
850815	660819	22,08	18,34	24,00	18,85	9%	3%
9901136	500207	30,07	24,98	29,93	26,169	0%	5%
991104	550206	18,85	15,65	17,22	15,672	-9%	0%
500124	151105	36,56	30,38	33,22	30,411	-9%	0%
880104	440212	34,99	29,06	31,58	29,198	-10%	0%
991210	660123	10,26	8,51	9,85	8,518	-4%	0%
660403	440111	11,49	9,54	11,15	9,544	-3%	0%
880408	660813	24,33	20,21	22,22	20,248	-9%	0%
770128	500120	33,81	28,09	30,68	28,126	-9%	0%
951318	990818	14,66	12,17	14,20	12,152	-3%	0%
771003	500118	34,49	31,45	32,63	28,651	-5%	-9%
9901093	750132	30,66	25,45	30,72	25,453	0%	0%
9901036	850510	11,52	9,56	12,10	9,679	5%	1%
330311	750110	21,27	17,66	19,23	17,658	-10%	0%
9901111	660902	18,06	15,00	19,35	14,922	7%	-1%
450110	9901073	17,12	14,21	18,08	13,733	6%	-3%
150610	750131	35,77	29,83	33,85	29,701	-5%	0%
150701	500508	36,73	30,49	35,78	31,333	-3%	3%
9901132	880208	46,08	38,28	44,57	39,627	-3%	4%
992207	951006	12,58	10,44	12,68	10,362	1%	-1%
110703	440113	21,14	17,65	20,38	17,574	-4%	0%
151106	500112	36,53	30,32	33,57	30,395	-8%	0%
950111	660114	27,09	22,50	28,17	22,849	4%	2%
660907	951301	27,27	22,69	27,33	22,661	0%	0%
991923	440119	15,80	13,09	15,55	13,069	-2%	0%
991213	350608	24,96	21,75	23,25	21,08	-7%	-3%
440112	951002	19,31	16,09	20,05	17,008	4%	6%
450103	220411	20,14	16,71	18,65	16,743	-7%	0%
440204	220408	33,52	27,81	32,72	29,01	-2%	4%
770201	330206	33,85	28,12	31,22	27,372	-8%	-3%
330206	770126	39,04	32,46	36,15	32,05	-7%	-1%
990704	220128	19,52	16,20	21,38	16,241	10%	0%
330211	770301	37,05	30,80	35,37	30,044	-5%	-2%
440123	330117	20,91	17,37	21,58	16,768	3%	-3%
951316	350603	41,24	36,81	39,28	34,649	-5%	-6%
450608	440216	21,74	18,05	21,53	18,692	-1%	4%
110905	991701	8,81	7,32	8,78	7,455	0%	2%
350204	992501	39,02	35,29	37,85	33,278	-3%	-6%
350601	991212	26,31	21,43	24,52	22,205	-7%	4%
9901121	650111	34,80	28,91	31,52	30,47	-9%	5%
991403	330205	34,37	28,55	31,40	28,999	-9%	2%
660314	950303	35,07	29,17	33,10	29,153	-6%	0%
880107	850808	41,69	34,62	38,43	33,987	-8%	-2%
110102	770124	23,31	19,85	21,78	20,32	-7%	2%
330114	880412	19,10	15,87	19,37	15,835	1%	0%
850631	950613	11,85	9,82	12,73	9,478	7%	-3%
110401	660105	7,36	6,10	7,25	6,091	-1%	0%
440301	770103	10,48	8,77	9,48	8,714	-10%	-1%
770119	150612	14,40	11,95	13,83	12,244	-4%	2%
660115	850607	25,20	20,86	25,08	18,871	0%	-10%

Quelle ID	Ziel ID	Fahrtdauer OSM [min]	Distanz OSM [km]	Fahrtdauer Google [min]	Distanz Google [km]	Abweichung Zeit	Abweichung Distanz
330205	9901083	31,46	26,14	29,12	26,358	-7%	1%
991002	350209	41,12	35,37	40,67	37,603	-1%	6%
110902	650110	24,31	20,18	23,42	20,428	-4%	1%
660116	9901038	19,12	15,78	20,98	15,846	10%	0%
350111	9901031	39,52	33,99	39,45	35,376	0%	4%
350114	951309	47,81	43,26	44,93	40,406	-6%	-7%
660310	660815	6,07	5,04	6,67	5,041	10%	0%
990817	350606	30,04	25,60	27,68	25,284	-8%	-1%
660111	450124	26,31	21,84	28,18	21,847	7%	0%
950404	110924	22,03	18,29	23,73	18,163	8%	-1%
660203	9901093	19,20	15,95	18,12	15,952	-6%	0%
950114	660822	29,32	24,36	31,32	24,867	7%	2%
990205	220302	26,70	22,17	29,27	24,06	10%	9%
660818	9901109	18,99	15,79	20,08	15,762	6%	0%
950133	660115	25,83	21,46	26,58	22,043	3%	3%
950906	991403	13,44	11,17	14,33	11,18	7%	0%
110908	350209	35,20	32,11	33,08	32,652	-6%	2%
440709	950306	19,33	16,10	20,97	16,096	8%	0%
950604	991102	13,15	10,94	14,47	10,922	10%	0%
990401	951301	12,00	9,96	13,12	9,961	9%	0%
750204	9901104	34,04	28,23	31,18	28,043	-8%	-1%
950113	220101	26,66	22,13	27,30	22,125	2%	0%
9901066	350401	33,79	28,07	32,57	29,66	-4%	6%
660105	950120	25,72	21,38	25,23	21,367	-2%	0%
9901101	500507	34,51	28,66	32,20	30,15	-7%	5%
220302	951007	31,63	26,24	31,68	26,294	0%	0%
880602	992305	47,42	39,32	44,42	40,683	-6%	3%
950201	110904	14,82	12,31	16,20	12,18	9%	-1%
951102	110104	18,56	15,41	19,53	15,42	5%	0%
880205	350401	15,06	12,51	15,45	12,761	3%	2%
991925	350607	37,02	31,19	34,93	31,033	-6%	0%
750132	950901	39,90	33,10	38,88	34,84	-3%	5%
660805	992109	20,24	16,83	20,57	16,72	2%	-1%
750202	950506	42,05	34,89	38,13	34,797	-9%	0%
500402	991707	28,57	23,74	26,78	23,748	-6%	0%
950142	440710	16,93	14,07	17,77	14,141	5%	1%
950801	850633	18,85	15,65	20,48	15,231	9%	-3%
440403	330114	22,53	18,72	22,28	17,992	-1%	-4%
660313	440125	14,67	12,14	13,45	12,186	-8%	0%
550201	440602	21,51	17,86	19,97	17,913	-7%	0%
750130	9901015	31,85	26,45	31,43	26,394	-1%	0%
500123	950208	39,04	32,31	36,25	32,753	-7%	1%
850301	450502	9,66	7,96	9,77	7,993	1%	0%
990201	950609	8,42	6,98	9,25	6,966	10%	0%
950505	440137	18,65	15,49	18,88	15,549	1%	0%
650111	990203	32,85	27,33	31,12	26,573	-5%	-3%
990709	660107	24,71	20,51	26,40	22,478	7%	10%
880603	9901008	44,59	37,05	40,37	37,538	-9%	1%
880110	880210	5,04	4,18	5,48	4,226	9%	1%
990603	440105	11,60	9,63	11,07	9,64	-5%	0%
880131	992509	41,41	34,40	38,32	35,149	-7%	2%

Anhang 4 Szenarienübersicht + Flottengröße

Anhang 4.1 Szenarienübersicht

Anhang 4.2 Ermittlung der Flottengröße

Anhang 4.1 Szenarienübersicht

Szenarien	Grundszzenarien (G1 – G4)										Ergänzungsszenarien (Z1 - Z9)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	2012 G1 – G4										2030 G1 – G4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	G1.1	G1.2	G2.1	G2.2	G3.1	G3.2	G4.1	G4.2	G1.1	G1.2	G2.1	G2.2	G3.1	G3.2	G4.1	G4.2	Z1.1	Z1.2	Z1.3	Dispositions- regel	Flexibilität Abfahrtszeit	Vor- anmeldung	zulässiger Umwegfaktor	Fz mit Batterie	Sonntag	Kombination	Schüler- verkehre																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Zeithorizont																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						

Anhang 4.2 Flottengröße

Anhang 4.2.1 Ermittlung Flottengröße G 1.1 (2012/2030)

Anhang 4.2.2 Ermittlung Flottengröße G 1.2 (2012/2030)

Anhang 4.2.3 Ermittlung Flottengröße G 2.1 (2012/2030)

Anhang 4.2.4 Ermittlung Flottengröße G 2.2 (2012/2030)

Anhang 4.2.5 Ermittlung Flottengröße G 3.1 (2012/2030)

Anhang 4.2.6 Ermittlung Flottengröße G 3.2 (2012/2030)

Anhang 4.2.7 Ermittlung Flottengröße G 4.1 (2012/2030)

Anhang 4.2.8 Ermittlung Flottengröße G 4.2 (2012/2030)

Anhang 4.2.1 Ermittlung Flottengröße G 1.1 (2012/2030)

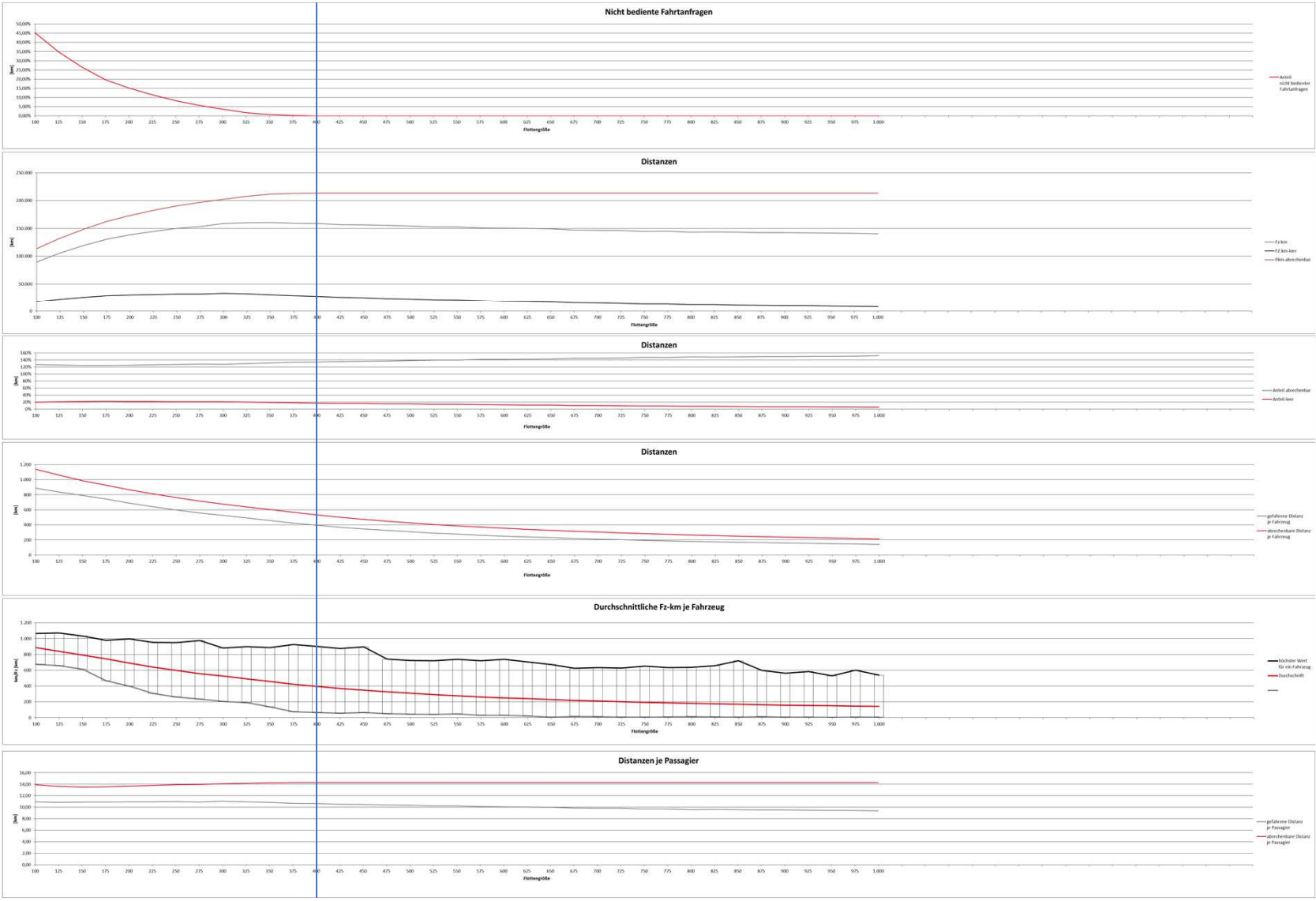
Szenario	Vorbereitung		Grundscenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %	~ 75 %		
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Anhang 4.2.1 Ermittlung Flottengröße G 1.1 (2012)

Werte

[illegible]

Grafiken



Anhang 4.2.1: G 1.1 12 % Nachfrage 4-Sitzer - 2012

Darstellung der Variation der Flottengröße
Beginnend mit 100 Fahrzeugen

Blaue Linie:
Flottengröße mit der alle Fahrtanfragen
bedient werden können.

[illegible]

Blau Linie:
Flottengröße mit der alle Fahrtanfragen
bedient werden können.

Anhang 4.2.2 Ermittlung Flottengröße G 1.2 (2012/2030)

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %		~ 35 %		~ 75 %
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Blaue Linie:
Flottengröße mit der alle Fahrtanfragen
bedient werden können.

[illegible]

Darstellung der Variation der Flottengröße
Beginnend mit 100 Fahrzeugen

Blaue Linie:
Flottengröße mit der alle Fahrtenanfragen
bedient werden können.

Anhang 4.2.3 Ermittlung Flottengröße G 2.1 (2012/2030)

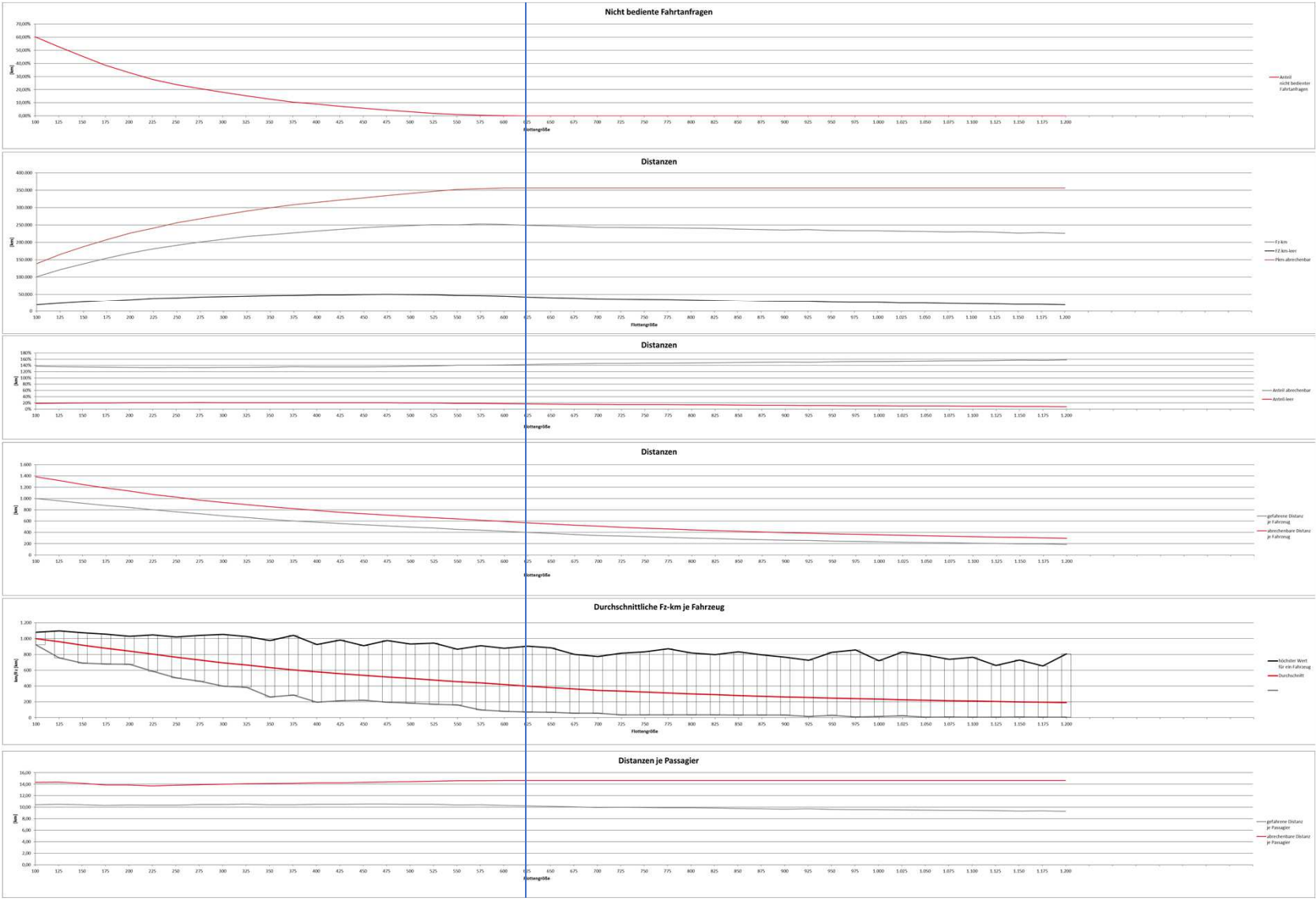
Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %	~ 75 %		
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Anhang 4.2.3 Ermittlung Flottengröße G 2.1 (2012)

Werte

	100	112,5	125	137,5	150	162,5	175	187,5	200	212,5	225	237,5	250	262,5	275	287,5	300	312,5	325	337,5	350	362,5	375	387,5	400	412,5	425	437,5	450	462,5	475	487,5	500	512,5	525	537,5	550	562,5	575	587,5	600	612,5	625	637,5	650	662,5	675	687,5	700	712,5	725	737,5	750	762,5	775	787,5	800	812,5	825	837,5	850	862,5	875	887,5	900	912,5	925	937,5	950	962,5	975	987,5	1000	1012,5	1025	1037,5	1050	1062,5	1075	1087,5	1100	1112,5	1125	1137,5	1150	1162,5	1175	1187,5	1200	1212,5	1225	1237,5	1250	1262,5	1275	1287,5	1300	1312,5	1325	1337,5	1350	1362,5	1375	1387,5	1400	1412,5	1425	1437,5	1450	1462,5	1475	1487,5	1500	1512,5	1525	1537,5	1550	1562,5	1575	1587,5	1600	1612,5	1625	1637,5	1650	1662,5	1675	1687,5	1700	1712,5	1725	1737,5	1750	1762,5	1775	1787,5	1800	1812,5	1825	1837,5	1850	1862,5	1875	1887,5	1900	1912,5	1925	1937,5	1950	1962,5	1975	1987,5	2000	2012,5	2025	2037,5	2050	2062,5	2075	2087,5	2100	2112,5	2125	2137,5	2150	2162,5	2175	2187,5	2200	2212,5	2225	2237,5	2250	2262,5	2275	2287,5	2300	2312,5	2325	2337,5	2350	2362,5	2375	2387,5	2400	2412,5	2425	2437,5	2450	2462,5	2475	2487,5	2500	2512,5	2525	2537,5	2550	2562,5	2575	2587,5	2600	2612,5	2625	2637,5	2650	2662,5	2675	2687,5	2700	2712,5	2725	2737,5	2750	2762,5	2775	2787,5	2800	2812,5	2825	2837,5	2850	2862,5	2875	2887,5	2900	2912,5	2925	2937,5	2950	2962,5	2975	2987,5	3000	3012,5	3025	3037,5	3050	3062,5	3075	3087,5	3100	3112,5	3125	3137,5	3150	3162,5	3175	3187,5	3200	3212,5	3225	3237,5	3250	3262,5	3275	3287,5	3300	3312,5	3325	3337,5	3350	3362,5	3375	3387,5	3400	3412,5	3425	3437,5	3450	3462,5	3475	3487,5	3500	3512,5	3525	3537,5	3550	3562,5	3575	3587,5	3600	3612,5	3625	3637,5	3650	3662,5	3675	3687,5	3700	3712,5	3725	3737,5	3750	3762,5	3775	3787,5	3800	3812,5	3825	3837,5	3850	3862,5	3875	3887,5	3900	3912,5	3925	3937,5	3950	3962,5	3975	3987,5	4000	4012,5	4025	4037,5	4050	4062,5	4075	4087,5	4100	4112,5	4125	4137,5	4150	4162,5	4175	4187,5	4200	4212,5	4225	4237,5	4250	4262,5	4275	4287,5	4300	4312,5	4325	4337,5	4350	4362,5	4375	4387,5	4400	4412,5	4425	4437,5	4450	4462,5	4475	4487,5	4500	4512,5	4525	4537,5	4550	4562,5	4575	4587,5	4600	4612,5	4625	4637,5	4650	4662,5	4675	4687,5	4700	4712,5	4725	4737,5	4750	4762,5	4775	4787,5	4800	4812,5	4825	4837,5	4850	4862,5	4875	4887,5	4900	4912,5	4925	4937,5	4950	4962,5	4975	4987,5	5000	5012,5	5025	5037,5	5050	5062,5	5075	5087,5	5100	5112,5	5125	5137,5	5150	5162,5	5175	5187,5	5200	5212,5	5225	5237,5	5250	5262,5	5275	5287,5	5300	5312,5	5325	5337,5	5350	5362,5	5375	5387,5	5400	5412,5	5425	5437,5	5450	5462,5	5475	5487,5	5500	5512,5	5525	5537,5	5550	5562,5	5575	5587,5	5600	5612,5	5625	5637,5	5650	5662,5	5675	5687,5	5700	5712,5	5725	5737,5	5750	5762,5	5775	5787,5	5800	5812,5	5825	5837,5	5850	5862,5	5875	5887,5	5900	5912,5	5925	5937,5	5950	5962,5	5975	5987,5	6000	6012,5	6025	6037,5	6050	6062,5	6075	6087,5	6100	6112,5	6125	6137,5	6150	6162,5	6175	6187,5	6200	6212,5	6225	6237,5	6250	6262,5	6275	6287,5	6300	6312,5	6325	6337,5	6350	6362,5	6375	6387,5	6400	6412,5	6425	6437,5	6450	6462,5	6475	6487,5	6500	6512,5	6525	6537,5	6550	6562,5	6575	6587,5	6600	6612,5	6625	6637,5	6650	6662,5	6675	6687,5	6700	6712,5	6725	6737,5	6750	6762,5	6775	6787,5	6800	6812,5	6825	6837,5	6850	6862,5	6875	6887,5	6900	6912,5	6925	6937,5	6950	6962,5	6975	6987,5	7000	7012,5	7025	7037,5	7050	7062,5	7075	7087,5	7100	7112,5	7125	7137,5	7150	7162,5	7175	7187,5	7200	7212,5	7225	7237,5	7250	7262,5	7275	7287,5	7300	7312,5	7325	7337,5	7350	7362,5	7375	7387,5	7400	7412,5	7425	7437,5	7450	7462,5	7475	7487,5	7500	7512,5	7525	7537,5	7550	7562,5	7575	7587,5	7600	7612,5	7625	7637,5	7650	7662,5	7675	7687,5	7700	7712,5	7725	7737,5	7750	7762,5	7775	7787,5	7800	7812,5	7825	7837,5	7850	7862,5	7875	7887,5	7900	7912,5	7925	7937,5	7950	7962,5	7975	7987,5	8000	8012,5	8025	8037,5	8050	8062,5	8075	8087,5	8100	8112,5	8125	8137,5	8150	8162,5	8175	8187,5	8200	8212,5	8225	8237,5	8250	8262,5	8275	8287,5	8300	8312,5	8325	8337,5	8350	8362,5	8375	8387,5	8400	8412,5	8425	8437,5	8450	8462,5	8475	8487,5	8500	8512,5	8525	8537,5	8550	8562,5	8575	8587,5	8600	8612,5	8625	8637,5	8650	8662,5	8675	8687,5	8700	8712,5	8725	8737,5	8750	8762,5	8775	8787,5	8800	8812,5	8825	8837,5	8850	8862,5	8875	8887,5	8900	8912,5	8925	8937,5	8950	8962,5	8975	8987,5	9000	9012,5	9025	9037,5	9050	9062,5	9075	9087,5	9100	9112,5	9125	9137,5	9150	9162,5	9175	9187,5	9200	9212,5	9225	9237,5	9250	9262,5	9275	9287,5	9300	9312,5	9325	9337,5	9350	9362,5	9375	9387,5	9400	9412,5	9425	9437,5	9450	9462,5	9475	9487,5	9500	9512,5	9525	9537,5	9550	9562,5	9575	9587,5	9600	9612,5	9625	9637,5	9650	9662,5	9675	9687,5	9700	9712,5	9725	9737,5	9750	9762,5	9775	9787,5	9800	9812,5	9825	9837,5	9850	9862,5	9875	9887,5	9900	9912,5	9925	9937,5	9950	9962,5	9975	9987,5	10000
--	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------	-------

Grafiken



Anhang 4.2.3: G 2.1 20 % Nachfrage 4-Sitzer - 2012

Darstellung der Variation der Flottengröße
Beginnend mit 100 Fahrzeugen

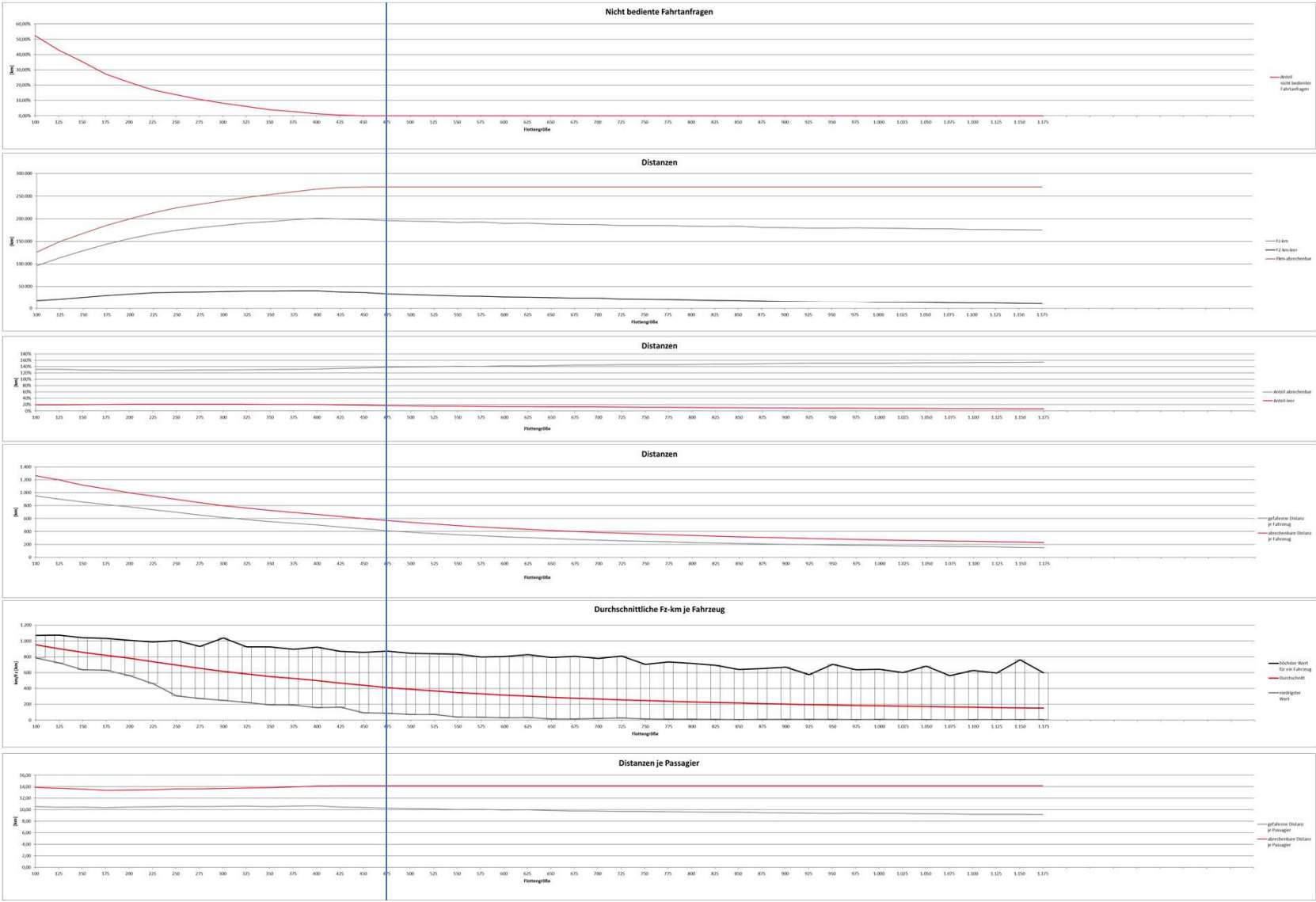
Blaue Linie:
Flottengröße mit der alle Fahrtanfragen
bedient werden können.

Anhang 4.2.3 Ermittlung Flottengröße G 2.1 (2030)

Werte

[illegible]

Grafiken



Anhang 4.2.3: G 2.1 20 % Nachfrage 4-Sitzer - 2030

Darstellung der Variation der Flottengröße
Beginnend mit 100 Fahrzeugen

Blaue Linie:
Flottengröße mit der alle Fahrtanfragen
bedient werden können.

Anhang 4.2.4 Ermittlung Flottengröße G 2.2 (2012/2030)

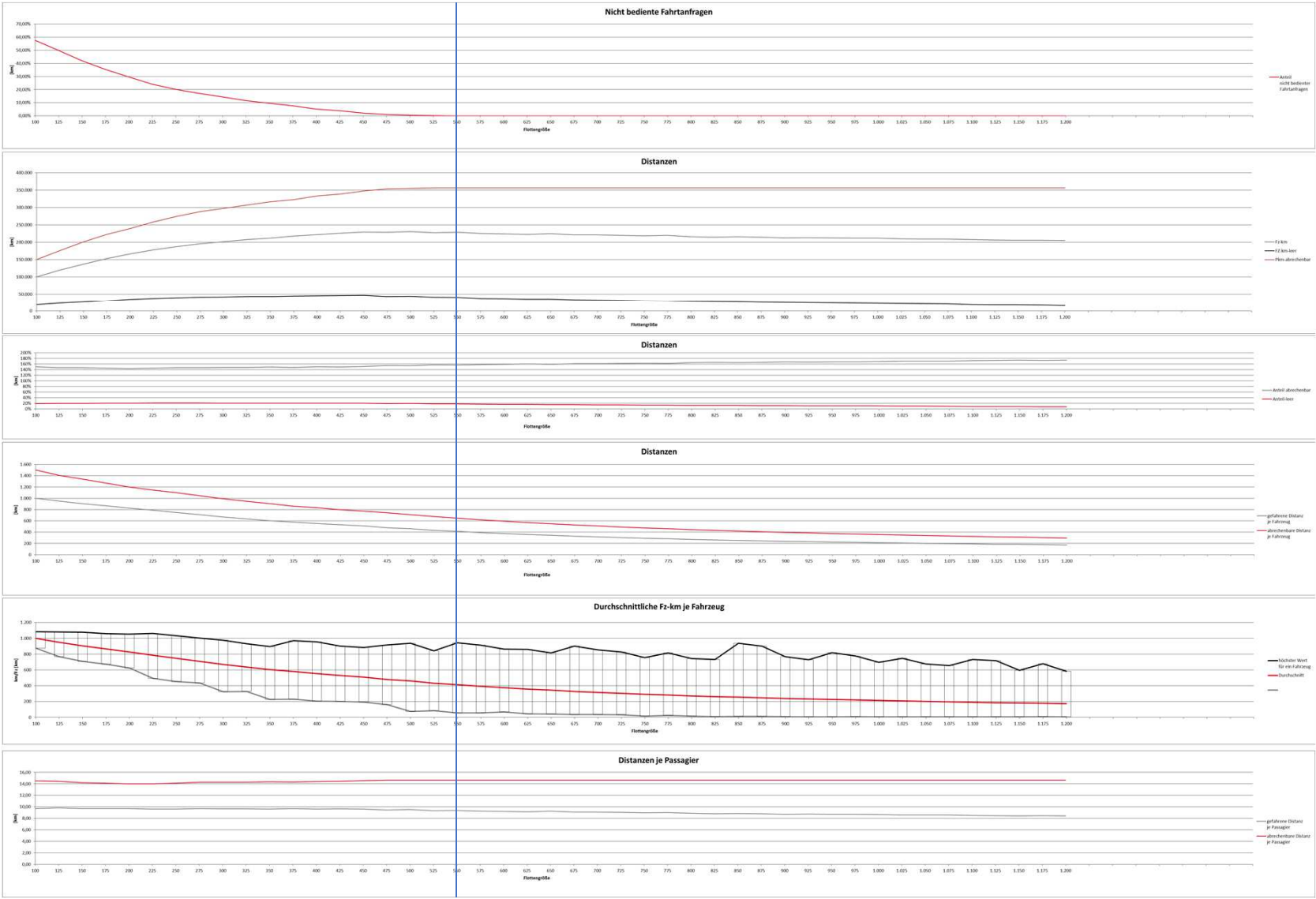
Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %		~ 75 %	
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Anhang 4.2.4 Ermittlung Flottengröße G 2.2 (2012)

Werte

2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061	2062	2063	2064	2065	2066	2067	2068	2069	2070	2071	2072	2073	2074	2075	2076	2077	2078	2079	2080	2081	2082	2083	2084	2085	2086	2087	2088	2089	2090	2091	2092	2093	2094	2095	2096	2097	2098	2099	2100	2101	2102	2103	2104	2105	2106	2107	2108	2109	2110	2111	2112	2113	2114	2115	2116	2117	2118	2119	2120	2121	2122	2123	2124	2125	2126	2127	2128	2129	2130	2131	2132	2133	2134	2135	2136	2137	2138	2139	2140	2141	2142	2143	2144	2145	2146	2147	2148	2149	2150	2151	2152	2153	2154	2155	2156	2157	2158	2159	2160	2161	2162	2163	2164	2165	2166	2167	2168	2169	2170	2171	2172	2173	2174	2175	2176	2177	2178	2179	2180	2181	2182	2183	2184	2185	2186	2187	2188	2189	2190	2191	2192	2193	2194	2195	2196	2197	2198	2199	2200	2201	2202	2203	2204	2205	2206	2207	2208	2209	2210	2211	2212	2213	2214	2215	2216	2217	2218	2219	2220	2221	2222	2223	2224	2225	2226	2227	2228	2229	2230	2231	2232	2233	2234	2235	2236	2237	2238	2239	2240	2241	2242	2243	2244	2245	2246	2247	2248	2249	2250	2251	2252	2253	2254	2255	2256	2257	2258	2259	2260	2261	2262	2263	2264	2265	2266	2267	2268	2269	2270	2271	2272	2273	2274	2275	2276	2277	2278	2279	2280	2281	2282	2283	2284	2285	2286	2287	2288	2289	2290	2291	2292	2293	2294	2295	2296	2297	2298	2299	2300	2301	2302	2303	2304	2305	2306	2307	2308	2309	2310	2311	2312	2313	2314	2315	2316	2317	2318	2319	2320	2321	2322	2323	2324	2325	2326	2327	2328	2329	2330	2331	2332	2333	2334	2335	2336	2337	2338	2339	2340	2341	2342	2343	2344	2345	2346	2347	2348	2349	2350	2351	2352	2353	2354	2355	2356	2357	2358	2359	2360	2361	2362	2363	2364	2365	2366	2367	2368	2369	2370	2371	2372	2373	2374	2375	2376	2377	2378	2379	2380	2381	2382	2383	2384	2385	2386	2387	2388	2389	2390	2391	2392	2393	2394	2395	2396	2397	2398	2399	2400	2401	2402	2403	2404	2405	2406	2407	2408	2409	2410	2411	2412	2413	2414	2415	2416	2417	2418	2419	2420	2421	2422	2423	2424	2425	2426	2427	2428	2429	2430	2431	2432	2433	2434	2435	2436	2437	2438	2439	2440	2441	2442	2443	2444	2445	2446	2447	2448	2449	2450	2451	2452	2453	2454	2455	2456	2457	2458	2459	2460	2461	2462	2463	2464	2465	2466	2467	2468	2469	2470
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Grafiken



Anhang 4.2.4: G 2.2 20 % Nachfrage 8-Sitzer - 2012

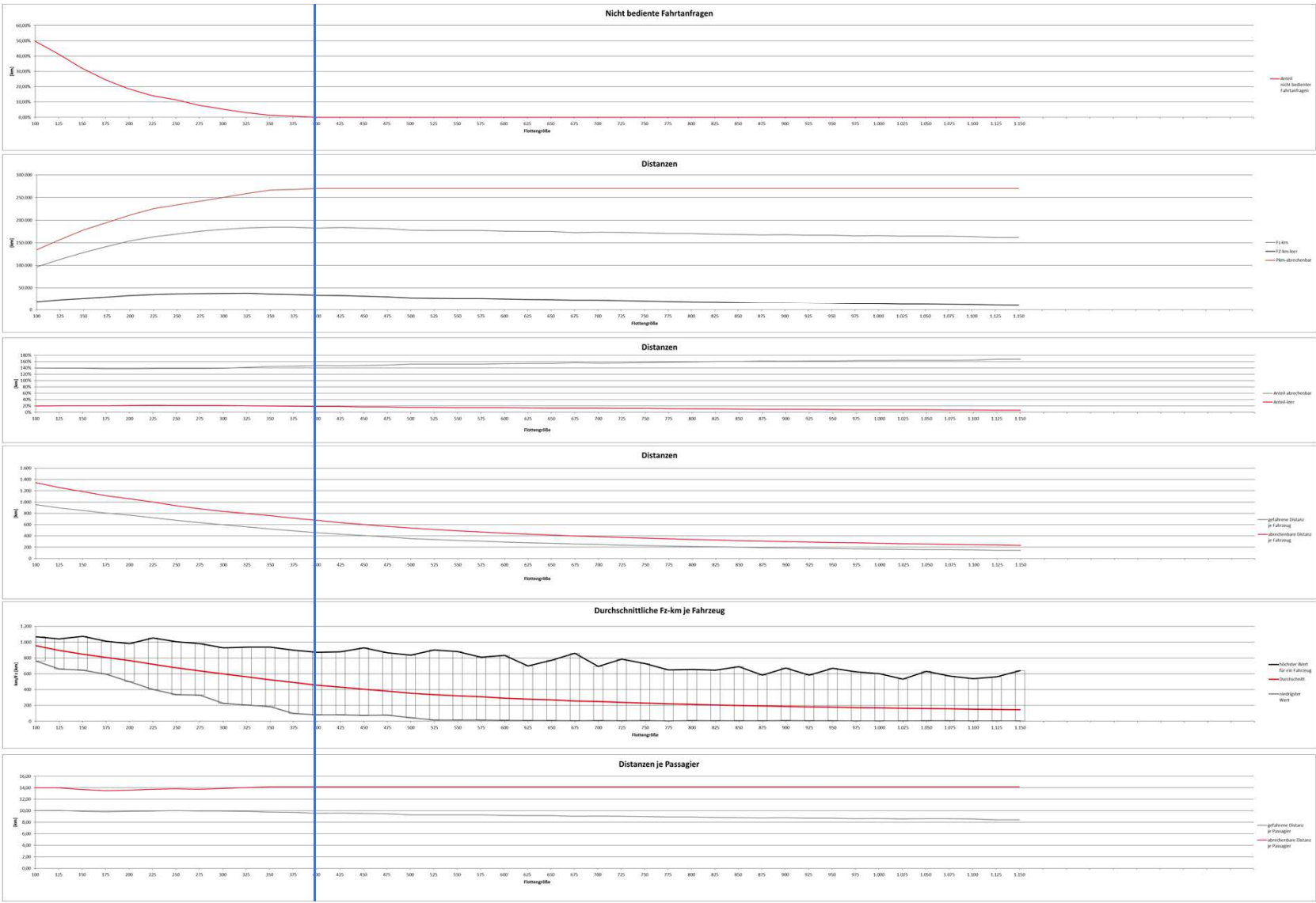
Darstellung der Variation der Flottengröße
Beginnend mit 100 Fahrzeugen

Blaue Linie:
Flottengröße mit der alle Fahrtanfragen
bedient werden können.

Werte

	Q1 2019	Q2 2019	Q3 2019	Q4 2019	Q1 2020	Q2 2020	Q3 2020	Q4 2020	Q1 2021	Q2 2021	Q3 2021	Q4 2021	Q1 2022	Q2 2022	Q3 2022	Q4 2022	Q1 2023	Q2 2023	Q3 2023	Q4 2023	Q1 2024	Q2 2024	Q3 2024	Q4 2024	Q1 2025	Q2 2025	Q3 2025	Q4 2025	Q1 2026	Q2 2026	Q3 2026	Q4 2026	Q1 2027	Q2 2027	Q3 2027	Q4 2027	Q1 2028	Q2 2028	Q3 2028	Q4 2028	Q1 2029	Q2 2029	Q3 2029	Q4 2029	Q1 2030	Q2 2030	Q3 2030	Q4 2030	Q1 2031	Q2 2031	Q3 2031	Q4 2031	Q1 2032	Q2 2032	Q3 2032	Q4 2032	Q1 2033	Q2 2033	Q3 2033	Q4 2033	Q1 2034	Q2 2034	Q3 2034	Q4 2034	Q1 2035	Q2 2035	Q3 2035	Q4 2035	Q1 2036	Q2 2036	Q3 2036	Q4 2036	Q1 2037	Q2 2037	Q3 2037	Q4 2037	Q1 2038	Q2 2038	Q3 2038	Q4 2038	Q1 2039	Q2 2039	Q3 2039	Q4 2039	Q1 2040	Q2 2040	Q3 2040	Q4 2040	Q1 2041	Q2 2041	Q3 2041	Q4 2041	Q1 2042	Q2 2042	Q3 2042	Q4 2042	Q1 2043	Q2 2043	Q3 2043	Q4 2043	Q1 2044	Q2 2044	Q3 2044	Q4 2044	Q1 2045	Q2 2045	Q3 2045	Q4 2045	Q1 2046	Q2 2046	Q3 2046	Q4 2046	Q1 2047	Q2 2047	Q3 2047	Q4 2047	Q1 2048	Q2 2048	Q3 2048	Q4 2048	Q1 2049	Q2 2049	Q3 2049	Q4 2049	Q1 2050	Q2 2050	Q3 2050	Q4 2050	Q1 2051	Q2 2051	Q3 2051	Q4 2051	Q1 2052	Q2 2052	Q3 2052	Q4 2052	Q1 2053	Q2 2053	Q3 2053	Q4 2053	Q1 2054	Q2 2054	Q3 2054	Q4 2054	Q1 2055	Q2 2055	Q3 2055	Q4 2055	Q1 2056	Q2 2056	Q3 2056	Q4 2056	Q1 2057	Q2 2057	Q3 2057	Q4 2057	Q1 2058	Q2 2058	Q3 2058	Q4 2058	Q1 2059	Q2 2059	Q3 2059	Q4 2059	Q1 2060	Q2 2060	Q3 2060	Q4 2060	Q1 2061	Q2 2061	Q3 2061	Q4 2061	Q1 2062	Q2 2062	Q3 2062	Q4 2062	Q1 2063	Q2 2063	Q3 2063	Q4 2063	Q1 2064	Q2 2064	Q3 2064	Q4 2064	Q1 2065	Q2 2065	Q3 2065	Q4 2065	Q1 2066	Q2 2066	Q3 2066	Q4 2066	Q1 2067	Q2 2067	Q3 2067	Q4 2067	Q1 2068	Q2 2068	Q3 2068	Q4 2068	Q1 2069	Q2 2069	Q3 2069	Q4 2069	Q1 2070	Q2 2070	Q3 2070	Q4 2070	Q1 2071	Q2 2071	Q3 2071	Q4 2071	Q1 2072	Q2 2072	Q3 2072	Q4 2072	Q1 2073	Q2 2073	Q3 2073	Q4 2073	Q1 2074	Q2 2074	Q3 2074	Q4 2074	Q1 2075	Q2 2075	Q3 2075	Q4 2075	Q1 2076	Q2 2076	Q3 2076	Q4 2076	Q1 2077	Q2 2077	Q3 2077	Q4 2077	Q1 2078	Q2 2078	Q3 2078	Q4 2078	Q1 2079	Q2 2079	Q3 2079	Q4 2079	Q1 2080	Q2 2080	Q3 2080	Q4 2080	Q1 2081	Q2 2081	Q3 2081	Q4 2081	Q1 2082	Q2 2082	Q3 2082	Q4 2082	Q1 2083	Q2 2083	Q3 2083	Q4 2083	Q1 2084	Q2 2084	Q3 2084	Q4 2084	Q1 2085	Q2 2085	Q3 2085	Q4 2085	Q1 2086	Q2 2086	Q3 2086	Q4 2086	Q1 2087	Q2 2087	Q3 2087	Q4 2087	Q1 2088	Q2 2088	Q3 2088	Q4 2088	Q1 2089	Q2 2089	Q3 2089	Q4 2089	Q1 2090	Q2 2090	Q3 2090	Q4 2090	Q1 2091	Q2 2091	Q3 2091	Q4 2091	Q1 2092	Q2 2092	Q3 2092	Q4 2092	Q1 2093	Q2 2093	Q3 2093	Q4 2093	Q1 2094	Q2 2094	Q3 2094	Q4 2094	Q1 2095	Q2 2095	Q3 2095	Q4 2095	Q1 2096	Q2 2096	Q3 2096	Q4 2096	Q1 2097	Q2 2097	Q3 2097	Q4 2097	Q1 2098	Q2 2098	Q3 2098	Q4 2098	Q1 2099	Q2 2099	Q3 2099	Q4 2099	Q1 2100	Q2 2100	Q3 2100	Q4 2100	Q1 2101	Q2 2101	Q3 2101	Q4 2101	Q1 2102	Q2 2102	Q3 2102	Q4 2102	Q1 2103	Q2 2103	Q3 2103	Q4 2103	Q1 2104	Q2 2104	Q3 2104	Q4 2104	Q1 2105	Q2 2105	Q3 2105	Q4 2105	Q1 2106	Q2 2106	Q3 2106	Q4 2106	Q1 2107	Q2 2107	Q3 2107	Q4 2107	Q1 2108	Q2 2108	Q3 2108	Q4 2108	Q1 2109	Q2 2109	Q3 2109	Q4 2109	Q1 2110	Q2 2110	Q3 2110	Q4 2110	Q1 2111	Q2 2111	Q3 2111	Q4 2111	Q1 2112	Q2 2112	Q3 2112	Q4 2112	Q1 2113	Q2 2113	Q3 2113	Q4 2113	Q1 2114	Q2 2114	Q3 2114	Q4 2114	Q1 2115	Q2 2115	Q3 2115	Q4 2115	Q1 2116	Q2 2116	Q3 2116	Q4 2116	Q1 2117	Q2 2117	Q3 2117	Q4 2117	Q1 2118	Q2 2118	Q3 2118	Q4 2118	Q1 2119	Q2 2119	Q3 2119	Q4 2119	Q1 2120	Q2 2120	Q3 2120	Q4 2120	Q1 2121	Q2 2121	Q3 2121	Q4 2121	Q1 2122	Q2 2122	Q3 2122	Q4 2122	Q1 2123	Q2 2123	Q3 2123	Q4 2123	Q1 2124	Q2 2124	Q3 2124	Q4 2124	Q1 2125	Q2 2125	Q3 2125	Q4 2125	Q1 2126	Q2 2126	Q3 2126	Q4 2126	Q1 2127	Q2 2127	Q3 2127	Q4 2127	Q1 2128	Q2 2128	Q3 2128	Q4 2128	Q1 2129	Q2 2129	Q3 2129	Q4 2129	Q1 2130	Q2 2130	Q3 2130	Q4 2130	Q1 2131	Q2 2131	Q3 2131	Q4 2131	Q1 2132	Q2 2132	Q3 2132	Q4 2132	Q1 2133	Q2 2133	Q3 2133	Q4 2133	Q1 2134	Q2 2134	Q3 2134	Q4 2134	Q1 2135	Q2 2135	Q3 2135	Q4 2135	Q1 2136	Q2 2136	Q3 2136	Q4 2136	Q1 2137	Q2 2137	Q3 2137	Q4 2137	Q1 2138	Q2 2138	Q3 2138	Q4 2138	Q1 2139	Q2 2139	Q3 2139	Q4 2139	Q1 2140	Q2 2140	Q3 2140	Q4 2140	Q1 2141	Q2 2141	Q3 2141	Q4 2141	Q1 2142	Q2 2142	Q3 2142	Q4 2142	Q1 2143	Q2 2143	Q3 2143	Q4 2143	Q1 2144	Q2 2144	Q3 2144	Q4 2144	Q1 2145	Q2 2145	Q3 2145	Q4 2145	Q1 2146	Q2 2146	Q3 2146	Q4 2146	Q1 2147	Q2 2147	Q3 2147	Q4 2147	Q1 2148	Q2 2148	Q3 2148	Q4 2148	Q1 2149	Q2 2149	Q3 2149	Q4 2149	Q1 2150	Q2 2150	Q3 2150	Q4 2150	Q1 2151	Q2 2151	Q3 2151	Q4 2151	Q1 2152	Q2 2152	Q3 2152	Q4 2152	Q1 2153	Q2 2153	Q3 2153	Q4 2153	Q1 2154	Q2 2154	Q3 2154	Q4 2154	Q1 2155	Q2 2155	Q3 2155	Q4 2155	Q1 2156	Q2 2156	Q3 2156	Q4 2156	Q1 2157	Q2 2157	Q3 2157	Q4 2157	Q1 2158	Q2 2158	Q3 2158	Q4 2158	Q1 2159	Q2 2159	Q3 2159	Q4 2159	Q1 2160	Q2 2160	Q3 2160	Q4 2160	Q1 2161	Q2 2161	Q3 2161	Q4 2161	Q1 2162	Q2 2162	Q3 2162	Q4 2162	Q1 2163	Q2 2163	Q3 2163	Q4 2163	Q1 2164	Q2 2164	Q3 2164	Q4 2164	Q1 2165	Q2 2165	Q3 2165	Q4 2165	Q1 2166	Q2 2166	Q3 2166	Q4 2166	Q1 2167	Q2 2167	Q3 2167	Q4 2167	Q1 2168	Q2 2168	Q3 2168	Q4 2168	Q1 2169	Q2 2169	Q3 2169	Q4 2169	Q1 2170	Q2 2170	Q3 2170	Q4 2170	Q1 2171	Q2 2171	Q3 2171	Q4 2171	Q1 2172	Q2 2172	Q3 2172	Q4 2172	Q1 2173	Q2 2173	Q3 2173	Q4 2173	Q1 2174	Q2 2174	Q3 2174	Q4 2174	Q1 2175	Q2 2175	Q3 2175	Q4 2175	Q1 2176	Q2 2176	Q3 2176	Q4 2176	Q1 2177	Q2 2177	Q3 2177	Q4 2177	Q1 2178	Q2 2178	Q3 2178	Q4 2178	Q1 2179	Q2 2179	Q3 2179	Q4 2179	Q1 2180	Q2 2180	Q3 2180	Q4 2180	Q1 2181	Q2 2181	Q3 2181	Q4 2181	Q1 2182	Q2 2182	Q3 2182	Q4 2182	Q1 2183	Q2 2183	Q3 2183	Q4 2183	Q1 2184	Q2 2184	Q3 2184	Q4 2184	Q1 2185	Q2 2185	Q3 2185	Q4 2185	Q1 2186	Q2 2186	Q3 2186	Q4 2186	Q1 2187	Q2 2187	Q3 2187	Q4 2187	Q1 2188	Q2 2188	Q3 2188	Q4 2188	Q1 2189	Q2 2189	Q3 2189	Q4 2189	Q1 2190	Q2 2190	Q3 2190	Q4 2190	Q1 2191	Q2 2191	Q3 2191	Q4 2191	Q1 2192	Q2 2192	Q3 2192	Q4 2192	Q1 2193	Q2 2193	Q3 2193	Q4 2193	Q1 2194	Q2 2194	Q3 2194	Q4 2194	Q1 2195	Q2 2195	Q3 2195	Q4 2195	Q1 2196	Q2 2196	Q3 2196	Q4 2196	Q1 2197	Q2 2197	Q3 2197	Q4 2197	Q1 2198	Q2 2198	Q3 2198	Q4 2198	Q1 2199	Q2 2199	Q3 2199	Q4 2199	Q1 2200	Q2 2200	Q3 2200	Q4 2200	Q1 2201	Q2 2201	Q3 2201	Q4 2201	Q1 2202	Q2 2202	Q3 2202	Q4 2202	Q1 2203	Q2 2203	Q3 2203	Q4 2203	Q1 2204	Q2 2204	Q3 2204	Q4 2204	Q1 2205	Q2 2205	Q3 2205	Q4 2205	Q1 2206	Q2 2206	Q3 2206	Q4 2206	Q1 2207	Q2 2207	Q3 2207	Q4 2207	Q1 2208	Q2 2208	Q3 2208	Q4 2208	Q1 2209	Q2 2209	Q3 2209	Q4 2209	Q1 2210	Q2 2210	Q3 2210	Q4 2210	Q1 2211	Q2 2211	Q3 2211	Q4 2211	Q1 2212	Q2 2212	Q3 2212	Q4 2212	Q1 2213	Q2 2213	Q3 2213	Q4 2213	Q1 2214	Q2 2214	Q3 2214	Q4 2214	Q1 2215	Q2 2215	Q3 2215	Q4 2215	Q1 2216	Q2 2216	Q3 2216	Q4 2216	Q1 2217	Q2 2217	Q3 2217	Q4 2217	Q1 2218	Q2 2218	Q3 2218	Q4 2218	Q1 2219	Q2 2219	Q3 2219	Q4 2219	Q1 2220	Q2 2220	Q3 2220	Q4 2220	Q1 2221	Q2 2221	Q3 2221	Q4 2221	Q1 2222	Q2 2222	Q3 2222	Q4 2222	Q1 2223	Q2 2223	Q3 2223	Q4 2223	Q1 2224	Q2 2224	Q3 2224	Q4 2224	Q1 2225	Q2 2225	Q3 2225	Q4 2225	Q1 2226	Q2 2226	Q3 2226	Q4 2226	Q1 2227	Q2 2227	Q3 2227	Q4 2227	Q1 2228	Q2 2228	Q3 2228	Q4 2228	Q1 2229	Q2 2229	Q3 2229	Q4 2229	Q1 2230	Q2 2230	Q3 2230	Q4 2230	Q1 2231	Q2 2231	Q3 2231	Q4 2231	Q1 2232	Q2 2232	Q3 2232	Q4 2232	Q1 2233	Q2 2233	Q3 2233	Q4 2233	Q1 2234	Q2 2234	Q3 2234	Q4 2234	Q1 2235	Q2 2235	Q3 2235	Q4 2235	Q1 2236	Q2 2236	Q3 2236	Q4 2236	Q1 2237	Q2 2237	Q3 2237	Q4 2237	Q1 2238	Q2 2238	Q3 2238	Q4 2238	Q1 2239	Q2 2239	Q3 2239	Q4 2239	Q1 2240	Q2 2240	Q3 2240	Q4 2240	Q1 2241	Q2 2241	Q3 2241	Q4 2241	Q1 2242	Q2 2242	Q3 2242	Q4 2242	Q1 2243	Q2 2243	Q3 2243	Q4 2243	Q1 2244	Q2 2244	Q3 2244	Q4 2244	Q1 2245	Q2 2245	Q3 2245	Q4 2245	Q1 2246	Q2 2246	Q3 2246	Q4 2246	Q1 2247	Q2 2247	Q3 2247	Q4 2247	Q1 2248	Q2 2248	Q3 2248	Q4 2248	Q1 2249	Q2 2249	Q3 2249	Q4 2249	Q1 2250	Q2 2250	Q3 2250	Q4 2250	Q1 2251	Q2 2251	Q3 2251	Q4 2251	Q1 2252	Q2 2252	Q3 2252	Q4 2252	Q1 2253	Q2 2253	Q3 2253	Q4 2253	Q1 2254	Q2 2254	Q3 2254	Q4 2254	Q1 2255	Q2 2255	Q3 2255	Q4 2255	Q1 2256	Q2 2256	Q3 2256	Q4 2256	Q1 2257	Q2 2257	Q3 2257	Q4 2257	Q1 2258	Q2 2258	Q3 2258	Q4 2258	Q1 2259	Q2 2259	Q3 2259	Q4 2259	Q1 2260	Q2 2260	Q3 2260	Q4 2260	Q1 2261	Q2 2261	Q3 2261	Q4 2261	Q1 2262	Q2 2262	Q3 2262	Q4 2262	Q1 2263	Q2 2263	Q3 2263	Q4 2263	Q1 2264	Q2 2264	Q3 2264	Q4 2264	Q1 2265	Q2 2265	Q3 2265	Q4 2265	Q1 2266	Q2 2266	Q3 2266	Q4 2266	Q1 2267	Q2 2267	Q3 2267	Q4 2267	Q1 2268	Q2 2268	Q3 2268	Q4 2268	Q1 2269	Q2 2269	Q3 2269	Q4 2269	Q1 2270	Q2 2270	Q3 2270	Q4 2270	Q1 2271	Q2 2271	Q3 2271	Q4 2271	Q1 2272	Q2 2272	Q3 2272	Q4 2272	Q1 2273	Q2 2273	Q3 2273	Q4 2273	Q1 2274	Q2 2274	Q3 2274	Q4 2274	Q1 2275	Q2 2275	Q3 2275	Q4 2275	Q1 2276	Q2 2276	Q3 2276	Q4
--	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	----

Grafiken



Anhang 4.2.4: G 2.2 20 % Nachfrage 8-Sitzer - 2030

Darstellung der Variation der Flottengröße
Beginnend mit 100 Fahrzeugen

Blaue Linie:
Flottengröße mit der alle Fahrtanfragen
bedient werden können.

Anhang 4.2.5 Ermittlung Flottengröße G 3.1 (2012/2030)

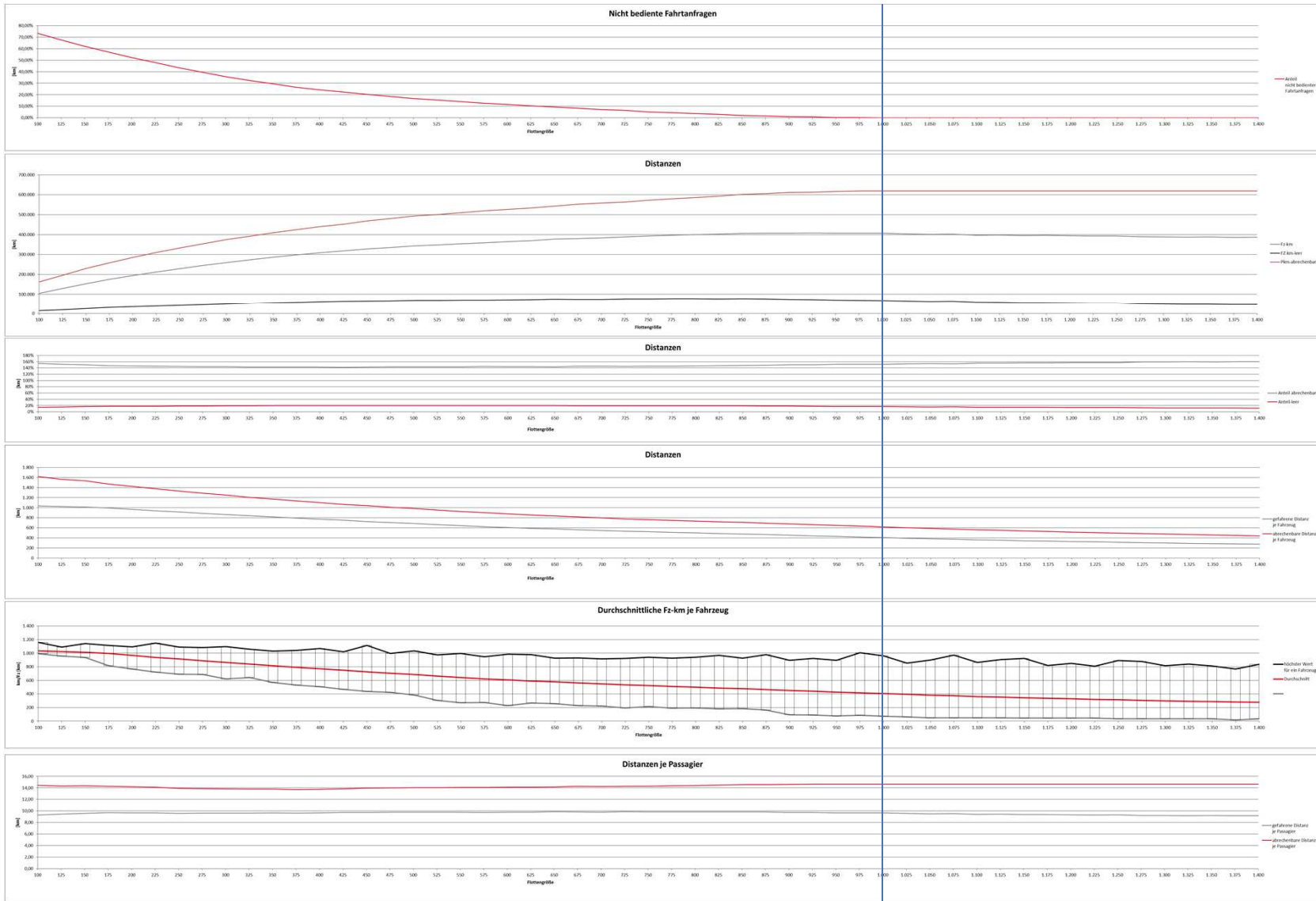
Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %	~ 75 %		
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Anhang 4.2.5 Ermittlung Flottengröße G 3.1 (2012)

Werte

[illegible]

Grafiken



Anhang 4.2.5: G 3.1 35 % Nachfrage 4-Sitzer - 2012

Darstellung der Variation der Flottengröße
Beginnend mit 100 Fahrzeugen

Blaue Linie:
Flottengröße mit der alle Fahrtanfragen
bedient werden können.

Blau Linie:
Flottengröße mit der alle Fahrtanfragen
bedient werden können.

Anhang 4.2.6 Ermittlung Flottengröße G 3.2 (2012/2030)

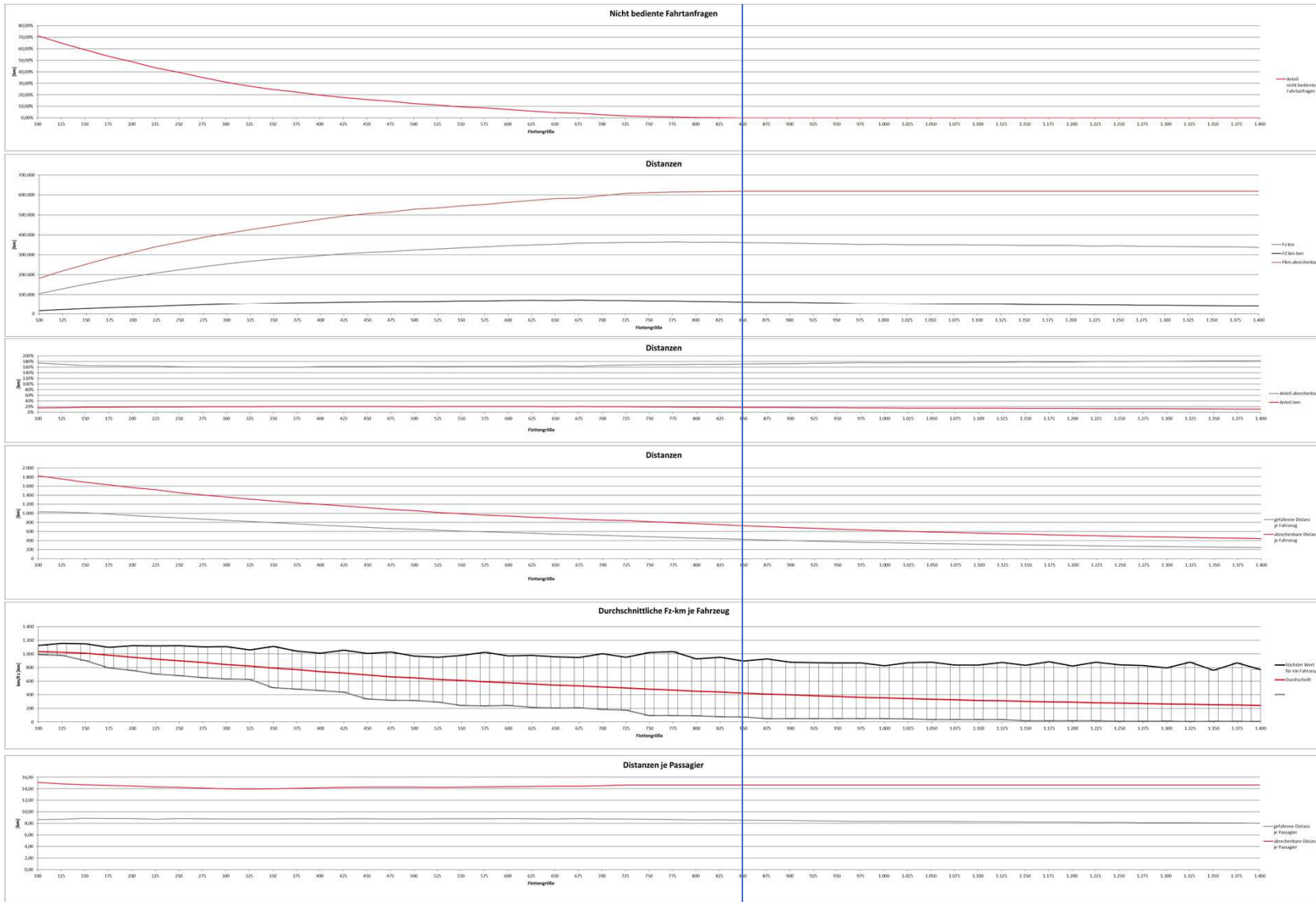
Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %		~ 75 %	
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Anhang 4.2.6 Ermittlung Flottengröße G 3.2 (2012)

Werte

	Q1-2024												Q2-2024												Q3-2024												Q4-2024												YTD-2024												YTD-2023												YTD-2022												YTD-2021												YTD-2020												YTD-2019												YTD-2018												YTD-2017												YTD-2016												YTD-2015												YTD-2014												YTD-2013												YTD-2012												YTD-2011												YTD-2010												YTD-2009												YTD-2008												YTD-2007												YTD-2006												YTD-2005												YTD-2004												YTD-2003												YTD-2002												YTD-2001												YTD-2000												YTD-1999												YTD-1998												YTD-1997												YTD-1996												YTD-1995												YTD-1994												YTD-1993												YTD-1992												YTD-1991												YTD-1990												YTD-1989												YTD-1988												YTD-1987												YTD-1986												YTD-1985												YTD-1984												YTD-1983												YTD-1982												YTD-1981												YTD-1980												YTD-1979												YTD-1978												YTD-1977												YTD-1976												YTD-1975												YTD-1974												YTD-1973												YTD-1972												YTD-1971												YTD-1970												YTD-1969												YTD-1968												YTD-1967												YTD-1966												YTD-1965												YTD-1964												YTD-1963												YTD-1962												YTD-1961												YTD-1960												YTD-1959												YTD-1958												YTD-1957												YTD-1956												YTD-1955												YTD-1954												YTD-1953												YTD-1952												YTD-1951												YTD-1950												YTD-1949												YTD-1948												YTD-1947												YTD-1946												YTD-1945												YTD-1944												YTD-1943												YTD-1942												YTD-1941												YTD-1940												YTD-1939												YTD-1938												YTD-1937												YTD-1936												YTD-1935												YTD-1934												YTD-1933												YTD-1932												YTD-1931												YTD-1930												YTD-1929												YTD-1928												YTD-1927												YTD-1926												YTD-1925												YTD-1924												YTD-1923												YTD-1922												YTD-1921												YTD-1920												YTD-1919												YTD-1918												YTD-1917												YTD-1916												YTD-1915												YTD-1914												YTD-1913												YTD-1912												YTD-1911												YTD-1910												YTD-1909												YTD-1908												YTD-1907												YTD-1906												YTD-1905												YTD-1904												YTD-1903												YTD-1902												YTD-1901												YTD-1900												YTD-1899												YTD-1898												YTD-1897												YTD-1896												YTD-1895												YTD-1894												YTD-1893												YTD-1892												YTD-1891												YTD-1890												YTD-1889												YTD-1888												YTD-1887												YTD-1886												YTD-1885												YTD-1884												YTD-1883												YTD-1882												YTD-1881												YTD-1880												YTD-1879												YTD-1878												YTD-1877												YTD-1876												YTD-1875												YTD-1874												YTD-1873												YTD-1872												YTD-1871												YTD-1870												YTD-1869												YTD-1868												YTD-1867												YTD-1866												YTD-1865												YTD-1864												YTD-1863												YTD-1862												YTD-1861												YTD-1860												YTD-1859												YTD-1858												YTD-1857												YTD-1856												YTD-1855												YTD-1854												YTD-1853												YTD-1852												YTD-1851												YTD-1850												YTD-1849												YTD-1848												YTD-1847												YTD-1846												YTD-1845												YTD-1844												YTD-1843												YTD-1842												YTD-1841												YTD-1840												YTD-1839												YTD-1838												YTD-1837												YTD-1836												YTD-1835												YTD-1834												YTD-1833												YTD-1832												YTD-1831												YTD-1830												YTD-1829												YTD-1828												YTD-1827												YTD-1826												YTD-1825												YTD-1824												YTD-1823												YTD-1822												YTD-1821												YTD-1820												YTD-1819												YTD-1818												YTD-1817												YTD-1816												YTD-1815												YTD-1814												YTD-1813												YTD-1812												YTD-1811												YTD-1810												YTD-1809												YTD-1808												YTD-1807												YTD-1806												YTD-1805												YTD-1804												YTD-1803												YTD-1802												YTD-1801												YTD-1800												YTD-1799												YTD-1798												YTD-1797												YTD-1796												YTD-1795												YTD-1794												YTD-1793												YTD-1792												YTD-1791												YTD-1790												YTD-1789												YTD-1788												YTD-1787												YTD-1786												YTD-1785												YTD-1784												YTD-1783												YTD-1782												YTD-1781												YTD-1780												YTD-1779												YTD-1778												YTD-1777												YTD-1776												YTD-1775												YTD-1774												YTD-1773												YTD-1772												YTD-1771												YTD-1770												YTD-1769												YTD-1768												YTD-1767												YTD-1766												YTD-1765												YTD-1764												YTD-1763												YTD-1762												YTD-1761												YTD-1760												YTD-1759												YTD-1758												YTD-1757												YTD-1756												YTD-1755												YTD-1754												YTD-1753												YTD-1752												YTD-1751												YTD-1750												YTD-1749												YTD-1748												YTD-1747												YTD-1746												YTD-1745												YTD-1744												YTD-1743												YTD-1742												YTD-1741												YTD-1740												YTD-1739												YTD-1738												YTD-1737												YTD-1736												YTD-1735												YTD-1734												YTD-1733												YTD-1732												YTD-1731												YTD-1730												YTD-1729												YTD-1728												YTD-1727												YTD-1726												YTD-1725												YTD-1724												YTD-1723												YTD-1722												YTD-1721												YTD-1720												YTD-1719												YTD-1718												YTD-1717												YTD-1716												YTD-1715												YTD-1714												YTD-1713												YTD-1712												YTD-1711												YTD-1710												YTD-1709												YTD-1708												YTD-1707												YTD-1706												YTD-1705												YTD-1704												YTD-1703												YTD-1702												YTD-1701												YTD-1700												YTD-1699												YTD-1698												YTD-1697												YTD-1696												YTD-1695												YTD-1694												YTD-1693												YTD-1692												YTD-1691												YTD-1690												YTD-1689												YTD-1688												YTD-1687												YTD-1686												YTD-1685												YTD-1684												YTD-1683												YTD-1682												YTD-1681												YTD-1680												YTD-1679												YTD-1678												YTD-1677												YTD-1676												YTD-1675												YTD-1674												YTD-1673												YTD-1672												YTD-1671												YTD-1670												YTD-1669												YTD-1668												YTD-1667												YTD-1666												YTD-1665												YTD-1664												YTD-1663												YTD-1662												YTD-1661												YTD-1660												YTD-1659												YTD-1658												YTD-1657												YTD-1656												YTD-1655												YTD-1654												YTD-1653												YTD-1652												YTD-1651												YTD-1650												YTD-1649												YTD-1648												YTD-1647												YTD-1646												YTD-1645												YTD-1644												YTD-1643												YTD-1642												YTD-1641												YTD-1640												YTD-1639												YTD-1638												YTD-1637												YTD-1636												YTD-1635												YTD-1634												YTD-1633												YTD-1632												YTD-1631												YTD-1630												YTD-1629												YTD-1628												YTD-1627												YTD-1626												YTD-1625												YTD-1624												YTD-1623												YTD-1622												YTD-1621												YTD-1620												YTD-1619												YTD-1618												YTD-1617												YTD-1616												YTD-1615												YTD-1614												YTD-1613												YTD-1612												YTD-1611												YTD-1610												YTD-1609												YTD-1608												YTD-1607												YTD-1606												YTD-1605												YTD-1604												YTD-1603												YTD-1602												YTD-1601												YTD-1600												YTD-1599												YTD-1598												YTD-1597												YTD-1596												YTD-1595												YTD-1594												YTD-1593												YTD-1592												YTD-1591												YTD-1590												YTD-1589												YTD-1588												YTD-1587												YTD-1586												YTD-1585												YTD-1584												YTD-1583												YTD-1582												YTD-1581												YTD-1580												YTD-1579												YTD-1578												YTD-1577												YTD-1576												YTD-1575												YTD-1574												YTD-1573												YTD-1572												YTD-1571												YTD-1570												YTD-1569												YTD-1568												YTD-1567												YTD-1566												YTD-1565												YTD-1564												YTD-1563												YTD-1562												YTD-1561												YTD-1560												YTD-1559												YTD-1558												YTD-1557												YTD-1556												YTD-1555												YTD-1554												YTD-1553												YTD-1552												YTD-1551												YTD-1550												YTD-1549												YTD-1548												YTD-1547												YTD-1546												YTD-1545												YTD-1544												YTD-1543												YTD-1542												YTD-1541												YTD-1540												YTD-1539												YTD-1538												YTD-1537												YTD-1536												YTD-1535												YTD-1534												YTD-1533												YTD-1532												YTD-1531												YTD-1530												YTD-1529												YTD-1528												YTD-1527												YTD-1526												YTD-1525												YTD-1524												YTD-1523												YTD-1522												YTD-1521												YTD-1520												YTD-1519												YTD-1518												YTD-1517												YTD-1516												YTD-1515												YTD-1514												YTD-1513												YTD-1512												YTD-1511												YTD-1510												YTD-1509												YTD-1508												YTD-1507												YTD-1506												YTD-1505												YTD-1504												YTD-1503												YTD-1502												YTD-1501												YTD-1500												YTD-1499												YTD-1498												YTD-1497												YTD-1496												YTD-1495												YTD-1494												YTD-1493												YTD-1492												YTD-1491												YTD-1490												YTD-1489												YTD-1488												YTD-1487												YTD-1486												YTD-1485												YTD-1484												YTD-1483												YTD-1482												YTD-1481												YTD-1480												YTD-1479												YTD-1478												YTD-1477												YTD-1476												YTD-1475												YTD-1474												YTD-1473												YTD-1472												YTD-1471												YTD-1470												YTD-1469												YTD-1468												YTD-1467												YTD-1466												YTD-1465												YTD-1464												YTD-1463												YTD-1462												YTD-1461												YTD-1460												YTD-1459												YTD-1458												YTD-1457												YTD-1456												YTD-1455												YTD-1454												YTD-1453												YTD-1452												YTD-1451												YTD-1450												YTD-1449												YTD-1448												YTD-1447												YTD-1446												YTD-1445												YTD-1444												YTD-1443												YTD-1442												YTD-1441												YTD-1440												YTD-1439												YTD-1438												YTD-1437												YTD-1436												YTD-1435												YTD-1434												YTD-1433												YTD-1432												YTD-1431												YTD-1430												YTD-1429												YTD-1428												YTD-1427												YTD-1426												YTD-1425												YTD-1424												YTD-1423												YTD-1422												YTD-1421												YTD-1420												YTD-1419												YTD-1418												YTD-1417												YTD-1416												YTD-1415												YTD-1414												YTD-1413												YTD-1412												YTD-1411												YTD-1410												YTD-1409												YTD-1408												YTD-1407												YTD-1406												YTD-1405												YTD-1404												YTD-1403												YTD-1402												YTD-1401												YTD-1400												YTD-1399												YTD-1398												YTD-1397												YTD-1396												YTD-1395												YTD-1394												YTD-1393												YTD-1392												YTD-1391												YTD-1390												YTD-1389												YTD-1388												YTD-1387												YTD-1386												YTD-1385												YTD-1384												YTD-1383												YTD-1382												YTD-1381												YTD-1380												YTD-1379												YTD-1378												YTD-1377												YTD-1376												YTD-1375												YTD-1374												YTD-1373												YTD-1372												YTD-1371												YTD-1370												YTD-1369												YTD-1368												YTD-1367												YTD-1366												YTD-1365												YTD-1364												YTD-1363												YTD-1362												YTD-1361												YTD-1360												YTD-1359												YTD-1358												YTD-1357												YTD-1356												YTD-1355												YTD-1354												YTD-1353												YTD-1352												YTD-1351												YTD-1350												YTD-1349												YTD-1348												YTD-1347												YTD-1346												YTD-1345												YTD-1344												YTD-1343												YTD-1342												YTD-1341												YTD-1340												YTD-1339												YTD-1338												YTD-1337												YTD-1336												YTD-1335												YTD-1334												YTD-1333												YTD-1332												YTD-1331												YTD-1330												YTD-1329												YTD-1328												YTD-1327												YTD-1326												YTD-1325												YTD-1324												YTD-1323												YTD-1322												YTD-1321												YTD-1320												YTD-1319												YTD-1318												YTD-1317												YTD-1316												YTD-1315												YTD-1314												YTD-1313												YTD-1312												YTD-1311												YTD-1310												YTD-1309												YTD-1308												YTD-1307												YTD-1306												YTD-1305												YTD-1304												YTD-1303												YTD-1302												YTD-1301												YTD-1300												YTD-1299												YTD-1298												YTD-1297												YTD-1296												YTD-1295												YTD-1294												YTD-1293												YTD-1292												YTD-1291												YTD-1290												YTD-1289												YTD-1288												YTD-1287												YTD-1286												YTD-1285												YTD-1284												YTD-1283												YTD-1282												YTD-1281												YTD-1280												YTD-1279												YTD-1278												YTD-1277												YTD-1276												YTD-1275												YTD-1274												YTD-1273												YTD-1272												YTD-1271												YTD-1270												YTD-1269												YTD-1268												YTD-1267												YTD-1266												YTD-1265												YTD-1264												YTD-1263												YTD-1262												YTD-1261												YTD-1260												YTD-1259												YTD-1258												YTD-1257												YTD-1256												YTD											
--	---------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Grafiken



Anhang 4.2.6: G 3.2 35 % Nachfrage 8-Sitzer - 2012

Darstellung der Variation der Flottengröße
Beginnend mit 100 Fahrzeugen

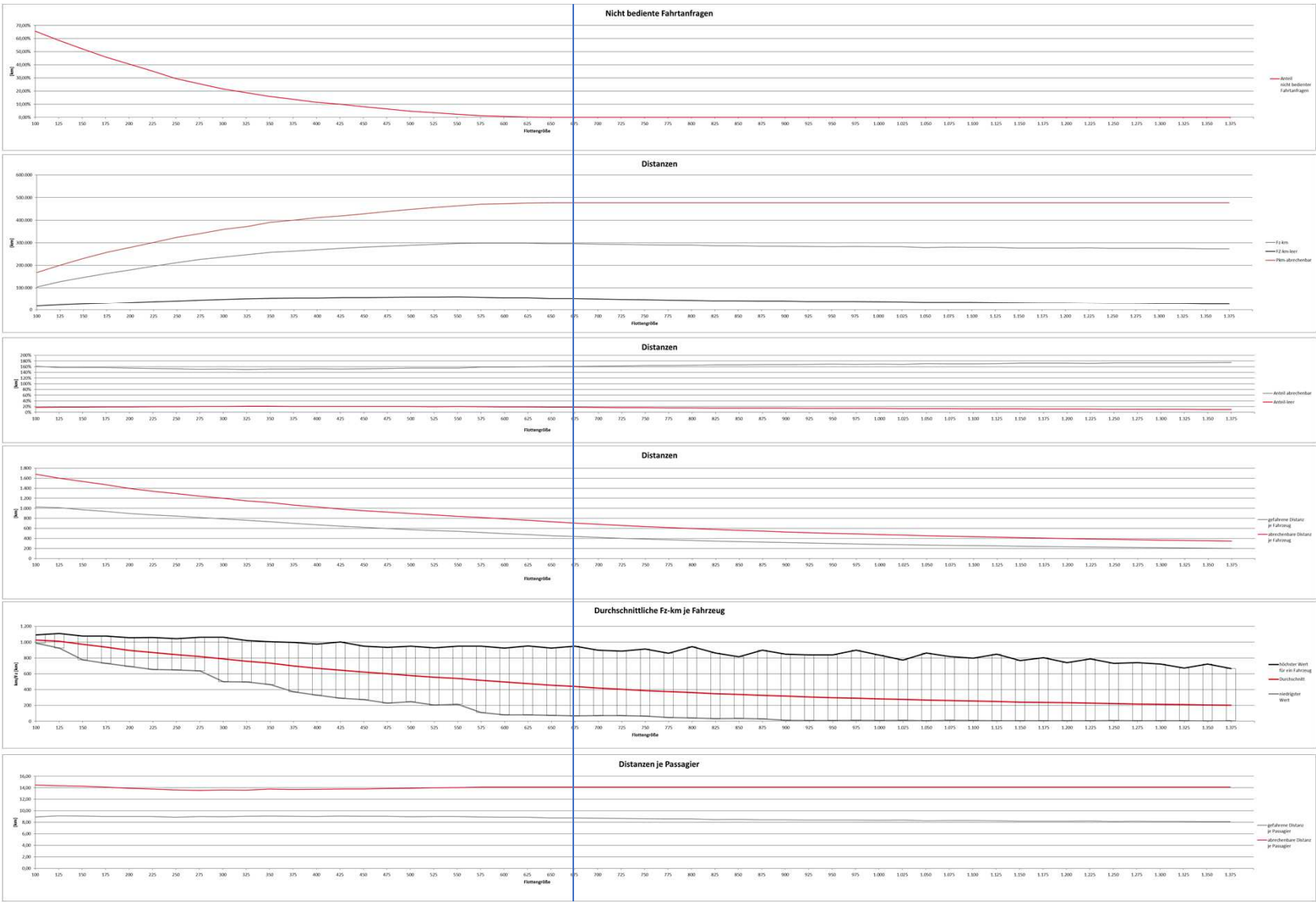
Blaue Linie:
Flottengröße mit der alle Fahrtanfragen
bedient werden können.

Anhang 4.2.6 Ermittlung Flottengröße G 3.2 (2030)

Werte

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061	2062	2063	2064	2065	2066	2067	2068	2069	2070	2071	2072	2073	2074	2075	2076	2077	2078	2079	2080	2081	2082	2083	2084	2085	2086	2087	2088	2089	2090	2091	2092	2093	2094	2095	2096	2097	2098	2099	2100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Population (millions)	7.8	8.1	8.4	8.7	9.0	9.3	9.6	9.9	10.2	10.5	10.8	11.1	11.4	11.7	12.0	12.3	12.6	12.9	13.2	13.5	13.8	14.1	14.4	14.7	15.0	15.3	15.6	15.9	16.2	16.5	16.8	17.1	17.4	17.7	18.0	18.3	18.6	18.9	19.2	19.5	19.8	20.1	20.4	20.7	21.0	21.3	21.6	21.9	22.2	22.5	22.8	23.1	23.4	23.7	24.0	24.3	24.6	24.9	25.2	25.5	25.8	26.1	26.4	26.7	27.0	27.3	27.6	27.9	28.2	28.5	28.8	29.1	29.4	29.7	30.0	30.3	30.6	30.9	31.2	31.5	31.8	32.1	32.4	32.7	33.0	33.3	33.6	33.9	34.2	34.5	34.8	35.1	35.4	35.7	36.0	36.3	36.6	36.9	37.2	37.5	37.8	38.1	38.4	38.7	39.0	39.3	39.6	39.9	40.2	40.5	40.8	41.1	41.4	41.7	42.0	42.3	42.6	42.9	43.2	43.5	43.8	44.1	44.4	44.7	45.0	45.3	45.6	45.9	46.2	46.5	46.8	47.1	47.4	47.7	48.0	48.3	48.6	48.9	49.2	49.5	49.8	50.1	50.4	50.7	51.0	51.3	51.6	51.9	52.2	52.5	52.8	53.1	53.4	53.7	54.0	54.3	54.6	54.9	55.2	55.5	55.8	56.1	56.4	56.7	57.0	57.3	57.6	57.9	58.2	58.5	58.8	59.1	59.4	59.7	60.0	60.3	60.6	60.9	61.2	61.5	61.8	62.1	62.4	62.7	63.0	63.3	63.6	63.9	64.2	64.5	64.8	65.1	65.4	65.7	66.0	66.3	66.6	66.9	67.2	67.5	67.8	68.1	68.4	68.7	69.0	69.3	69.6	69.9	70.2	70.5	70.8	71.1	71.4	71.7	72.0	72.3	72.6	72.9	73.2	73.5	73.8	74.1	74.4	74.7	75.0	75.3	75.6	75.9	76.2	76.5	76.8	77.1	77.4	77.7	78.0	78.3	78.6	78.9	79.2	79.5	79.8	80.1	80.4	80.7	81.0	81.3	81.6	81.9	82.2	82.5	82.8	83.1	83.4	83.7	84.0	84.3	84.6	84.9	85.2	85.5	85.8	86.1	86.4	86.7	87.0	87.3	87.6	87.9	88.2	88.5	88.8	89.1	89.4	89.7	90.0	90.3	90.6	90.9	91.2	91.5	91.8	92.1	92.4	92.7	93.0	93.3	93.6	93.9	94.2	94.5	94.8	95.1	95.4	95.7	96.0	96.3	96.6	96.9	97.2	97.5	97.8	98.1	98.4	98.7	99.0	99.3	99.6	99.9	100.2	100.5	100.8	101.1	101.4	101.7	102.0	102.3	102.6	102.9	103.2	103.5	103.8	104.1	104.4	104.7	105.0	105.3	105.6	105.9	106.2	106.5	106.8	107.1	107.4	107.7	108.0	108.3	108.6	108.9	109.2	109.5	109.8	110.1	110.4	110.7	111.0	111.3	111.6	111.9	112.2	112.5	112.8	113.1	113.4	113.7	114.0	114.3	114.6	114.9	115.2	115.5	115.8	116.1	116.4	116.7	117.0	117.3	117.6	117.9	118.2	118.5	118.8	119.1	119.4	119.7	120.0	120.3	120.6	120.9	121.2	121.5	121.8	122.1	122.4	122.7	123.0	123.3	123.6	123.9	124.2	124.5	124.8	125.1	125.4	125.7	126.0	126.3	126.6	126.9	127.2	127.5	127.8	128.1	128.4	128.7	129.0	129.3	129.6	129.9	130.2	130.5	130.8	131.1	131.4	131.7	132.0	132.3	132.6	132.9	133.2	133.5	133.8	134.1	134.4	134.7	135.0	135.3	135.6	135.9	136.2	136.5	136.8	137.1	137.4	137.7	138.0	138.3	138.6	138.9	139.2	139.5	139.8	140.1	140.4	140.7	141.0	141.3	141.6	141.9	142.2	142.5	142.8	143.1	143.4	143.7	144.0	144.3	144.6	144.9	145.2	145.5	145.8	146.1	146.4	146.7	147.0	147.3	147.6	147.9	148.2	148.5	148.8	149.1	149.4	149.7	150.0	150.3	150.6	150.9	151.2	151.5	151.8	152.1	152.4	152.7	153.0	153.3	153.6	153.9	154.2	154.5	154.8	155.1	155.4	155.7	156.0	156.3	156.6	156.9	157.2	157.5	157.8	158.1	158.4	158.7	159.0	159.3	159.6	159.9	160.2	160.5	160.8	161.1	161.4	161.7	162.0	162.3	162.6	162.9	163.2	163.5	163.8	164.1	164.4	164.7	165.0	165.3	165.6	165.9	166.2	166.5	166.8	167.1	167.4	167.7	168.0	168.3	168.6	168.9	169.2	169.5	169.8	170.1	170.4	170.7	171.0	171.3	171.6	171.9	172.2	172.5	172.8	173.1	173.4	173.7	174.0	174.3	174.6	174.9	175.2	175.5	175.8	176.1	176.4	176.7	177.0	177.3	177.6	177.9	178.2	178.5	178.8	179.1	179.4	179.7	180.0	180.3	180.6	180.9	181.2	181.5	181.8	182.1	182.4	182.7	183.0	183.3	183.6	183.9	184.2	184.5	184.8	185.1	185.4	185.7	186.0	186.3	186.6	186.9	187.2	187.5	187.8	188.1	188.4	188.7	189.0	189.3	189.6	189.9	190.2	190.5	190.8	191.1	191.4	191.7	192.0	192.3	192.6	192.9	193.2	193.5	193.8	194.1	194.4	194.7	195.0	195.3	195.6	195.9	196.2	196.5	196.8	197.1	197.4	197.7	198.0	198.3	198.6	198.9	199.2	199.5	199.8	200.1	200.4	200.7	201.0	201.3	201.6	201.9	202.2	202.5	202.8	203.1	203.4	203.7	204.0	204.3	204.6	204.9	205.2	205.5	205.8	206.1	206.4	206.7	207.0	207.3	207.6	207.9	208.2	208.5	208.8	209.1	209.4	209.7	210.0	210.3	210.6	210.9	211.2	211.5	211.8	212.1	212.4	212.7	213.0	213.3	213.6	213.9	214.2	214.5	214.8	215.1	215.4	215.7	216.0	216.3	216.6	216.9	217.2	217.5	217.8	218.1	218.4	218.7	219.0	219.3	219.6	219.9	220.2	220.5	220.8	221.1	221.4	221.7	222.0	222.3	222.6	222.9	223.2	223.5	223.8	224.1	224.4	224.7	225.0	225.3	225.6	225.9	226.2	226.5	226.8	227.1	227.4	227.7	228.0	228.3	228.6	228.9	229.2	229.5	229.8	230.1	230.4	230.7	231.0	231.3	231.6	231.9	232.2	232.5	232.8	233.1	233.4	233.7	234.0	234.3	234.6	234.9	235.2	235.5	235.8	236.1	236.4	236.7	237.0	237.3	237.6	237.9	238.2	238.5	238.8	239.1	239.4	239.7	240.0	240.3	240.6	240.9	241.2	241.5	241.8	242.1	242.4	242.7	243.0	243.3	243.6	243.9	244.2	244.5	244.8	245.1	245.4	245.7	246.0	246.3	246.6	246.9	247.2	247.5	247.8	248.1	248.4	248.7	249.0	249.3	249.6	249.9	250.2	250.5	250.8	251.1	251.4	251.7	252.0	252.3	252.6	252.9	253.2	253.5	253.8	254.1	254.4	254.7	255.0	255.3	255.6	255.9	256.2	256.5	256.8	257.1	257.4	257.7	258.0	258.3	258.6	258.9	259.2	259.5	259.8	260.1	260.4	260.7	261.0	261.3	261.6	261.9	262.2	262.5	262.8	263.1	263.4	263.7	264.0	264.3	264.6	264.9	265.2	265.5	265.8	266.1	266.4	266.7	267.0	267.3	267.6	267.9	268.2	268.5	268.8	269.1	269.4	269.7	270.0	270.3	270.6	270.9	271.2	271.5	271.8	272.1	272.4	272.7	273.0	273.3	273.6	273.9	274.2	274.5	274.8	275.1	275.4	275.7	276.0	276.3	276.6	276.9	277.2	277.5	277.8	278.1	278.4	278.7	279.0	279.3	279.6	279.9	280.2	280.5	280.8	281.1	281.4	281.7	282.0	282.3	282.6	282.9	283.2	283.5	283.8	284.1	284.4	284.7	285.0	285.3	285.6	285.9	286.2	286.5	286.8	287.1	287.4	287.7	288.0	288.3	288.6	288.9	289.2	289.5	289.8	290.1	290.4	290.7	291.0	291.3	291.6	291.9	292.2	292.5	292.8	293.1	293.4	293.7	294.0	294.3	294.6	294.9	295.2	295.5	295.8	296.1	296.4	296.7	297.0	297.3	297.6	297.9	298.2	298.5	298.8	299.1	299.4	299.7	300.0	300.3	300.6	300.9	301.2	301.5	301.8	302.1	302.4	302.7	303.0	303.3	303.6	303.9	304.2	304.5	304.8	305.1	305.4	305.7	306.0	306.3	306.6	306.9	307.2	307.5	307.8	308.1	308.4	308.7	309.0	309.3	309.6	309.9	310.2	310.5	310.8	311.1	311.4	311.7	312.0	312.3	312.6	312.9	313.2	313.5	313.8	314.1	314.4	314.7	315.0	315.3	315.6	315.9	316.2	316.5	316.8	317.1	317.4	317.7	318.0	318.3	318.6	318.9	319.2	319.5	319.8	320.1	320.4	320.7	321.0	321.3	321.6	321.9	322.2	322.5	322.8	323.1	323.4	323.7	324.0	324.3	324.6	324.9	325.2	325.5	325.8	326.1	326.4	326.7	327.0	327.3	327.6	327.9	328.2	328.5	328.8	329.1	329.4	329.7	330.0	330.3	330.6	330.9	331.2	331.5	331.8	332.1	332.4	332.7	333.0	333.3	333.6	333.9	334.2	334.5	334.8	335.1	335.4	335.7	336.0	336.3	336.6	336.9	337.2	337.5	337.8	338.1	338.4	338.7	339.0	339.3	339.6	339.9	340.2	340.5	340.8	341.1	341.4	341.7	342.0	342.3	342.6	342.9	343.2	343.5	343.8	344.1	344.4	344.7	345.0	345.3	345.6	345.9	346.2	346.5	346.8	347.1	347.4	347.7	348.0	348.3	348.6	348.9	349.2	349.5	349.8	350.1	350.4	350.7	351.0	351.3	351.6	351.9	352.2	352.5	352.8	353.1	353.4	353.7	354.0	354.3	354.6	354.9	355.2	355.5	355.8	356.1	356.4	356.7	357.0	357.3	357.6	357.9	358.2	358.5	358.8	359.1	359.4	359.7	360.0	360.3	360.6	360.9	361.2	361.5	361.8	362.1	362.4	362.7	363.0	363.3	363.6	363.9	364.2	364.5	364.8	365.1	3

Grafiken



Anhang 4.2.6: G 3.2 35 % Nachfrage 8-Sitzer - 2030

Darstellung der Variation der Flottengröße
Beginnend mit 100 Fahrzeugen

Blaue Linie:
Flottengröße mit der alle Fahrtanfragen
bedient werden können.

Anhang 4.2.7 Ermittlung Flottengröße G 4.1 (2012/2030)

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %	~ 75 %		
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

[illegible]

Nicht bediente Fahrtanfragen

Y-axis: km
X-axis: Flottengröße

Legende: ☒ Anzahl nicht bedienter Fahrtanfragen

Distanzen

Y-axis: (km)
X-axis: Flottengröße

Legende: ☐ D-km
☐ G-km leer
☐ Plan durchfahrbar

Distanzen

Y-axis: km
X-axis: Flottengröße

Legende: ☐ Anzahl durchfahrbar
☐ Anzahl leer

Distanzen

Y-axis: (km)
X-axis: Flottengröße

Legende: ☐ gefahrene Distanz je Fahrzeug
☐ abschreibbare Distanz je Fahrzeug

Durchschnittliche Fz-km je Fahrzeug

Y-axis: km/Fz
X-axis: Flottengröße

Legende: ☐ gleichzeitiger Wert für ein Fahrzeug
☐ Durchschnitt

Distanzen je Passagier

Y-axis: (km)
X-axis: Flottengröße

Legende: ☐ gefahrene Distanz je Passagier
☐ abschreibbare Distanz je Passagier

Darstellung der Variation der Flottengröße
Beginnend mit 100 Fahrzeugen

Blaue Linie:
Flottengröße mit der alle Fahrtanfragen
bedient werden können.

[illegible]

Nicht bediente Flattungsgrößen

Y-axis: % (0.00% to 0.30%)

X-axis: Flattungsgröße (1.500 to 1.700)

Legend: Anzahl, nicht bedienter, bedienter

Distanzen

Y-axis: (km) (0 to 1.200.000)

X-axis: Flattungsgröße (1.500 to 1.700)

Legend: Fz-km, Fz-km/Pass, Plan-abrechenbar

Distanzen

Y-axis: (%) (0% to 180%)

X-axis: Flattungsgröße (1.500 to 1.700)

Legend: Anteil abrechenbar, Anteil leer, Anteil voll

Distanzen

Y-axis: (km) (0 to 800)

X-axis: Flattungsgröße (1.500 to 1.700)

Legend: gefahrene Distanz je Fahrzeug, abzurechnende Distanz je Fahrzeug, Distanz je Passagier

Durchschnittliche Fz-km je Fahrzeug

Y-axis: km/Fz (km) (0 to 1.200)

X-axis: Flattungsgröße (1.500 to 1.700)

Legend: höchster Wert, Durchschnitt, niedrigster Wert

Distanzen je Passagier

Y-axis: (km) (0,00 to 16,00)

X-axis: Flattungsgröße (1.500 to 1.700)

Legend: gefahrene Distanz je Passagier, abzurechnende Distanz je Passagier, Distanz je Passagier

Darstellung der Variation der Flottengröße
Beginnend mit 100 Fahrzeugen

Blaue Linie:
Flottengröße mit der alle Fahrtanfragen
bedient werden können.

Anhang 4.2.8 Ermittlung Flottengröße G 4.2 (2012/2030)

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %	~ 75 %		
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

[illegible]

The figure displays six charts related to the 'Nicht bediente Fahrtanfragen' (Unattended ride requests) metric, plotted against 'Fleetgröße' (Fleet size) on the x-axis, ranging from 1,200 to 1,400.

Chart 1: Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen

This chart shows the percentage of unattended ride requests. The y-axis ranges from 0.00% to 0.25%. The data points are as follows:

Fleetgröße	Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen
1,200	0.020%
1,225	0.008%
1,250	0.004%
1,275	0.002%
1,300	0.001%
1,325	0.001%
1,350	0.001%
1,375	0.001%
1,400	0.001%

Chart 2: Distanzen

This chart shows distances in km. The y-axis ranges from 0 to 1,200,000. The legend indicates three series: Fz-km (grey line), Fz-km leer (black line), and Fz-km abbrechbar (red line). The Fz-km and Fz-km leer series are relatively flat, while the Fz-km abbrechbar series shows a slight downward trend.

Chart 3: Distanzen

This chart shows distances in km. The y-axis ranges from 0% to 200%. The legend indicates two series: Anteil abbrechbar (grey line) and Anteil leer (red line). The Anteil abbrechbar series is relatively flat, while the Anteil leer series shows a slight downward trend.

Chart 4: Distanzen

This chart shows distances in km. The y-axis ranges from 0 to 1,000. The legend indicates three series: gefahrene Distanz je Fahrzeug (grey line), abbrechbare Distanz je Fahrzeug (black line), and abbrechbare Distanz je Fahrzeug (red line). The gefahrene Distanz je Fahrzeug series is relatively flat, while the abbrechbare Distanz je Fahrzeug series shows a slight downward trend.

Chart 5: Durchschnittliche Fz-km je Fahrzeug

This chart shows the average distance per vehicle in km. The y-axis ranges from 0 to 1,200. The legend indicates three series: höchster Wert (grey line), Mittelwert (black line), and Durchschnitt (red line). The Mittelwert series is relatively flat, while the Durchschnitt series shows a slight downward trend.

Chart 6: Distanzen je Passagier

This chart shows distances per passenger in km. The y-axis ranges from 0.00 to 16.00. The legend indicates three series: gefahrene Distanz je Passagier (grey line), abbrechbare Distanz je Passagier (black line), and abbrechbare Distanz je Passagier (red line). The gefahrene Distanz je Passagier series is relatively flat, while the abbrechbare Distanz je Passagier series shows a slight downward trend.

Darstellung der Variation der Flottengröße
Beginnend mit 100 Fahrzeugen

Blaue Linie:
Flottengröße mit der alle Fahrtanfragen
bedient werden können.

Anhang 5 Grundszenarien Datenblätter

Anhang 5.1	G 1.1	~ 12 % Nachfrage 4-Sitzer (2012/2030)
Anhang 5.2.	G 1.2	~ 12 % Nachfrage 8-Sitzer (2012/2030)
Anhang 5.3.	G 2.1	~ 20 % Nachfrage 4-Sitzer (2012/2030)
Anhang 5.4.	G 2.2	~ 20 % Nachfrage 8-Sitzer (2012/2030)
Anhang 5.5.	G 3.1	~ 35 % Nachfrage 4-Sitzer (2012/2030)
Anhang 5.6.	G 3.2	~ 35 % Nachfrage 8-Sitzer (2012/2030)
Anhang 5.7.	G 4.1	~ 75% Nachfrage 4-Sitzer (2012/2030)
Anhang 5.8.	G 4.2	~ 75% Nachfrage 8-Sitzer (2012/2030)

Anhang 5.1 G 1.1: ~ 12 % Nachfrage 4-Sitzer (2012/2030)**Szenario: G 1.1 2012: Morphologische Kasten ~ 12 % Nachfrage 4-Sitzer (2012)**

Szenario	Vorbereitung		Grundscenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %	~ 75 %		
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: G 1.1 2012 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umweg	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,11828791			
Erwerbstätige	10	1,4	30	5
Schüler	9	1,4	30	5
Auszubildende	20	1,4	30	5
Rentner	20	1,4	30	1
Sonstige	20	1,4	30	5

Fahrzeuge: 400
 Anteil 4 Sitzplätze: 100%
 Anteil 8 Sitzplätze: 0.0%
 Tabelle: 2012_1
 Comparator: max. Effizienz
 Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
 Reichweite: 2000 Kilometer
 Pausendauer: 0 Minuten

Szenario: G 1.1 2012: Ergebnisse ~ 12 % Nachfrage 4-Sitzer (2012)

Szenario	G1.1 2012		
Nachfrageliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	14.940	14.866	15.138
Fahrtanfragen bedient [-]	14.940	14.866	15.138
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	0	0
daraus erreichter Modal Split	11,83%	11,77%	11,99%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,00%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	158.731	157.322	161.295
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	131.222	130.013	132.627
abrechenbare Personenkilometer [km]	213.119	211.397	218.035
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	27.508	27.309	28.668
Anteil Leerkilometer	17,33%	17,36%	17,77%
Anteil abrechenbare Kilometer *	134,26%	134,37%	135,18%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	400	400	400
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	375	362	375
max. Anzahl mit Passagieren [-]	317	302	315
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	397	393	403
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	423	435	430
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	65	87	83
Maximalwert [km]	902	823	837
Mittelwert [km]	396	392	402
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	533	528	545
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	1:18	1:45	1:37
Maximalwert [hh:mm]	17:55	16:27	16:41
Mittelwert [hh:mm]	7:57	7:52	8:04
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	2	3	2
Maximalwert [Passagiere]	86	87	90
Mittelwert [Passagiere]	37	37	38
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	10,62	10,58	10,66
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,27	14,22	14,40

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 5.1 G 1.1: ~ 12 % Nachfrage 4-Sitzer (2012)

G1-1_2030_1

	Modal	max Umwegfaktor	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,12247584			
Erwerbstätige	10	1,4	30	5
Schüler	9	1,4	30	5
Auszubildende	20	1,4	30	5
Rentner	20	1,4	30	1
Sonstige	20	1,4	30	5

Fahrzeuge: 350
 Anteil 4 Sitzplätze: 100%
 Anteil 8 Sitzplätze: 0.0%
 Tabelle: 2030_1
 Comparator: max. Effizienz
 Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
 Reichweite: 2000 Kilometer
 Pausendauer: 0 Minuten

Verteilung der Fahrleistung



Verteilung der Betriebsstunden



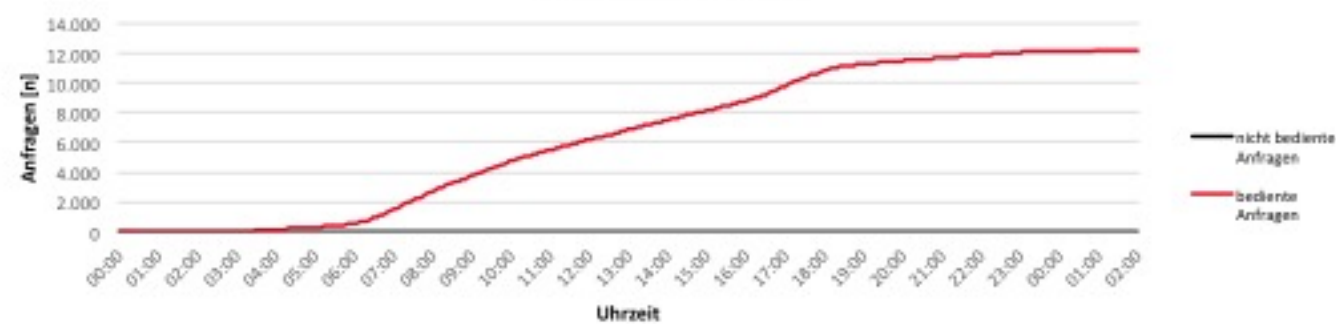
Mittlerer Umwegfaktor über die Betriebszeit



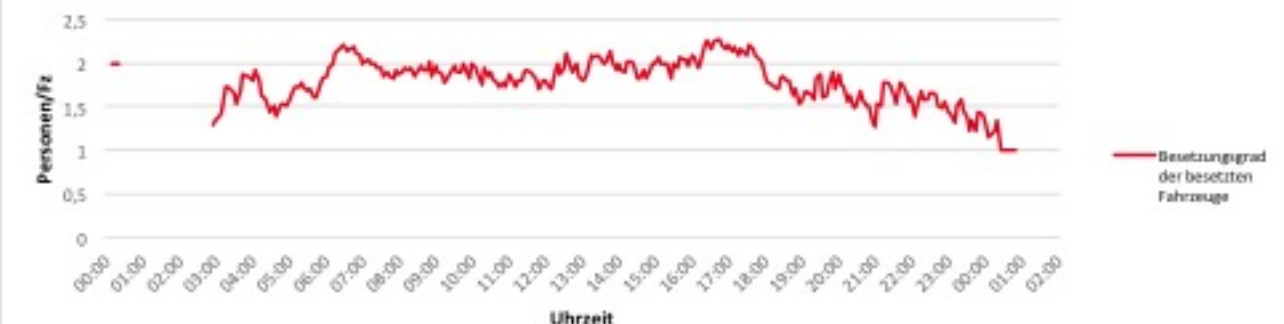
Fahrzeuge in Bewegung



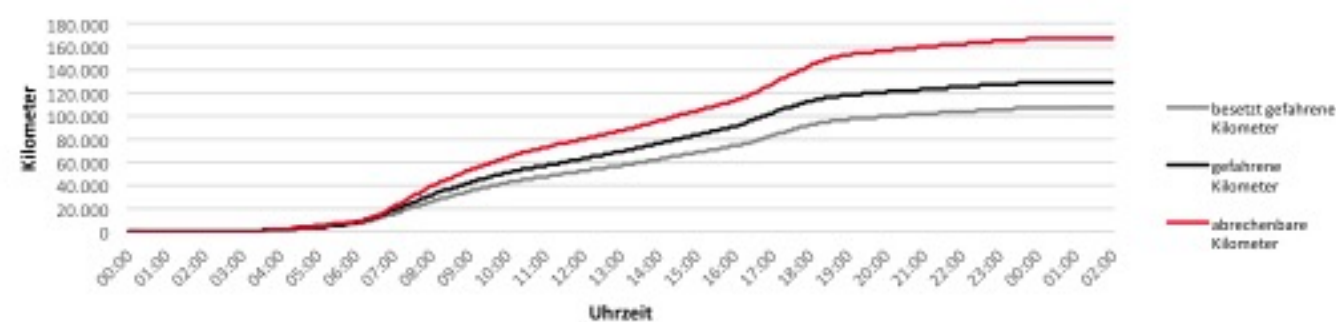
Anzahl Fahrtanfragen



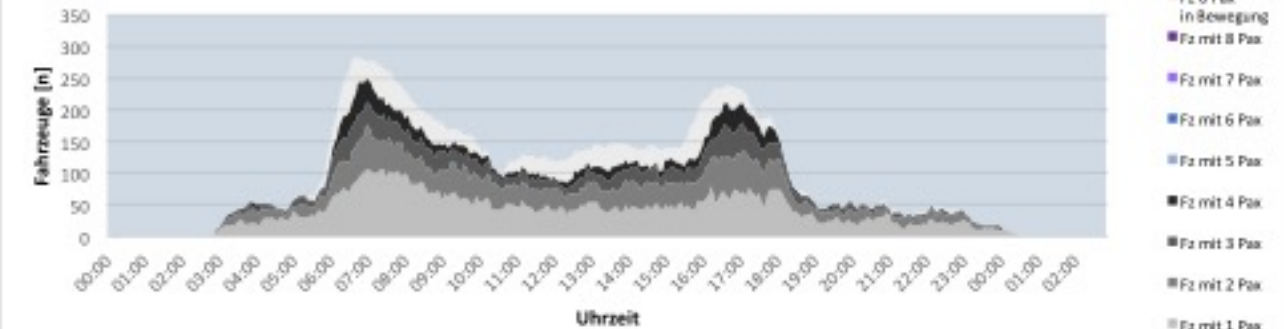
Mittlerer Besetzungsgrad in 5-min-Intervall



zurückgelegte Distanzen



Fahrzeugbesetzung



Szenario: G 1.1 2030: Morphologische Kasten ~ 12 % Nachfrage 4-Sitzer (2030)

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %		~ 35 %		~ 75 %
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: G 1.1 2030 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umweg	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,12247584			
Erwerbstätige	10	1,4	30	5
Schüler	9	1,4	30	5
Auszubildende	20	1,4	30	5
Rentner	20	1,4	30	1
Sonstige	20	1,4	30	5

Fahrzeuge:	350
Anteil 4 Sitzplätze:	100%
Anteil 8 Sitzplätze:	0.0%
Tabelle:	2030_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten

Szenario: G 1.1 2030: Ergebnisse ~ 12 % Nachfrage 4-Sitzer (2030)

Szenario	G1.1 2030		
Nachfrageliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	12.191	12.159	12.032
Fahrtanfragen bedient [-]	12.191	12.159	12.032
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	0	0
daraus erreichter Modal Split	12,25%	12,22%	12,09%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,00%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	128.970	127.167	123.840
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	107.260	105.570	104.018
abrechenbare Personenkilometer [km]	167.159	166.519	162.260
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	21.709	21.597	19.822
Anteil Leerkilometer	16,83%	16,98%	16,01%
Anteil abrechenbare Kilometer *	129,61%	130,95%	131,02%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	350	350	350
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	284	269	260
max. Anzahl mit Passagieren [-]	250	239	228
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	368	363	354
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	454	473	476
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	58	43	85
Maximalwert [km]	796	840	797
Mittelwert [km]	367	362	353
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	478	476	464
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	1:08	0:50	1:40
Maximalwert [hh:mm]	16:00	16:52	15:58
Mittelwert [hh:mm]	7:22	7:16	7:05
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	3	3	3
Maximalwert [Passagiere]	83	89	88
Mittelwert [Passagiere]	35	35	34
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	10,58	10,46	10,29
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	13,71	13,70	13,49

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

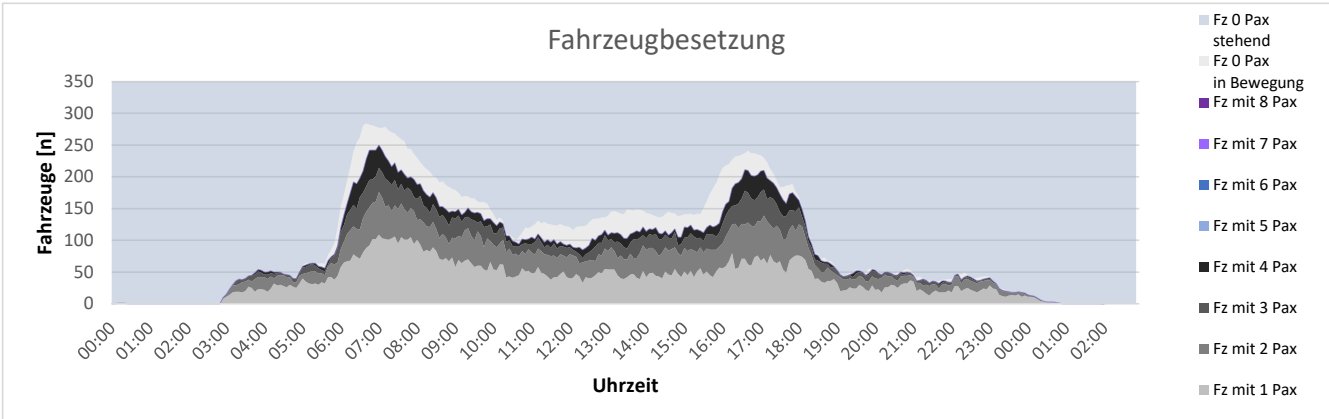
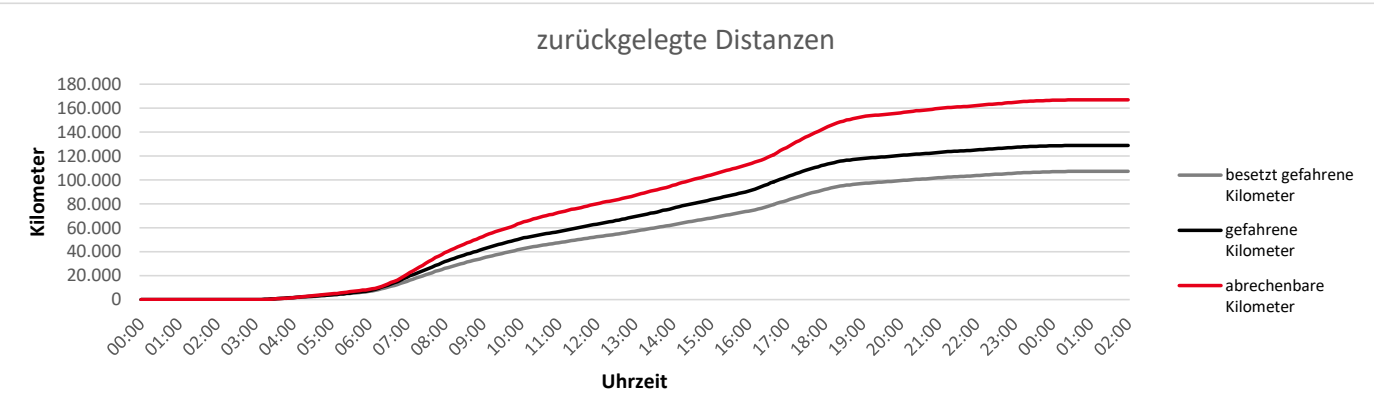
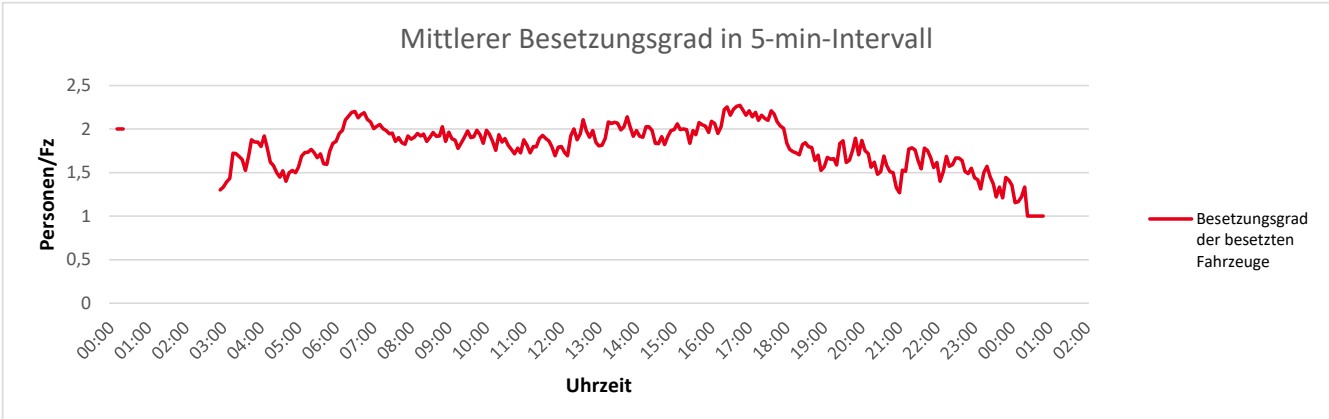
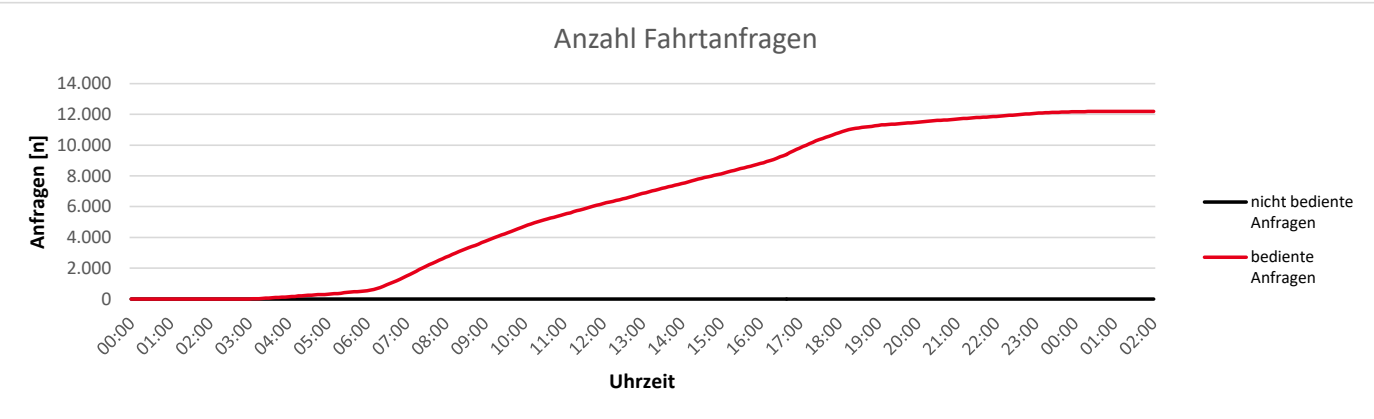
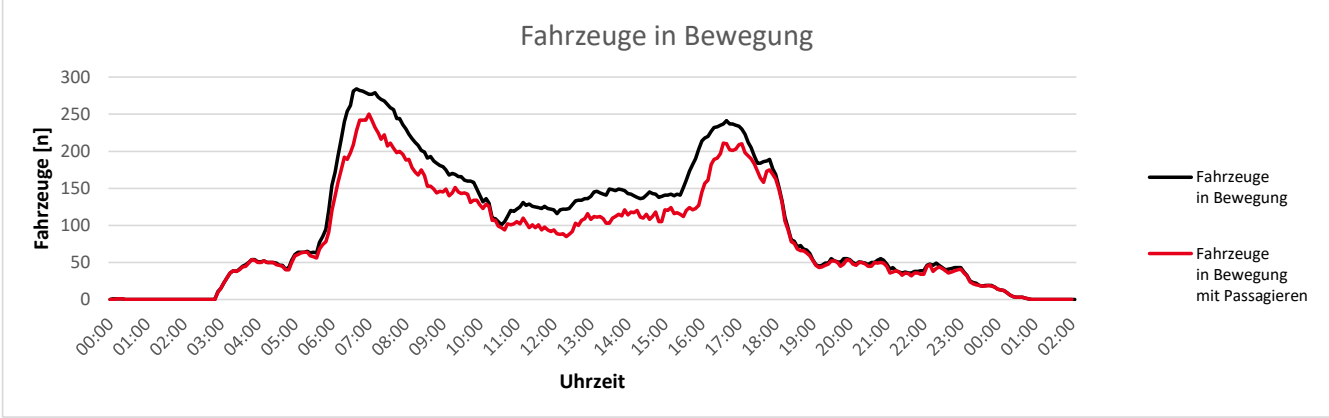
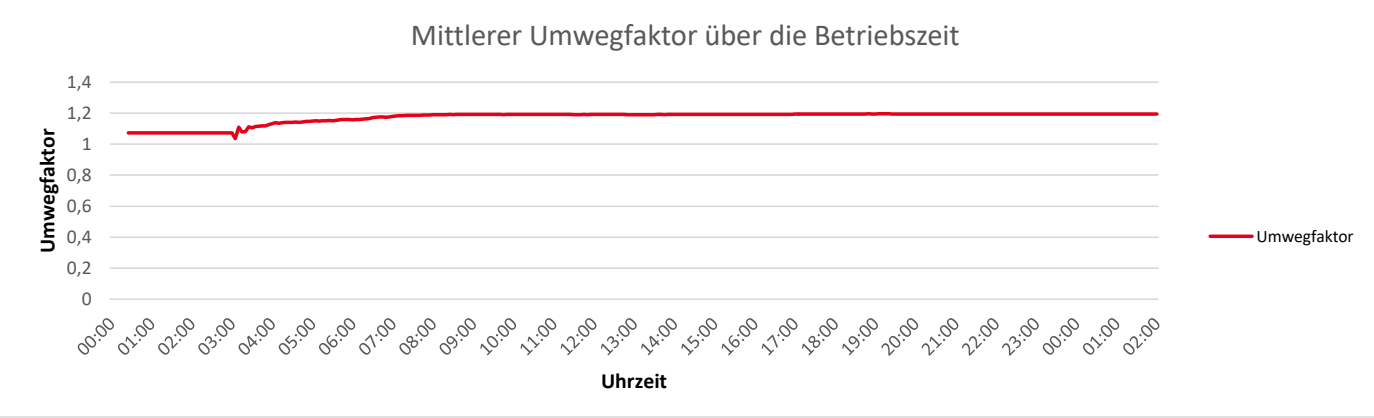
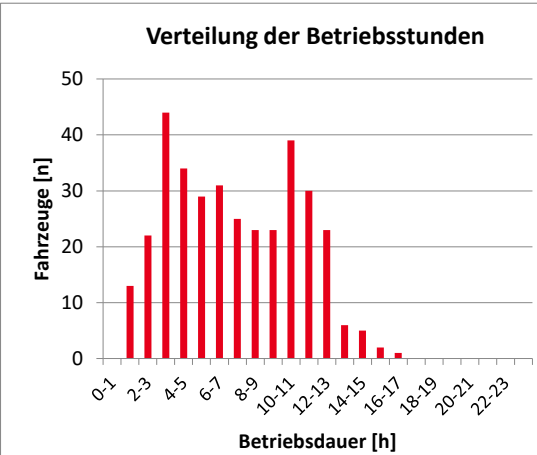
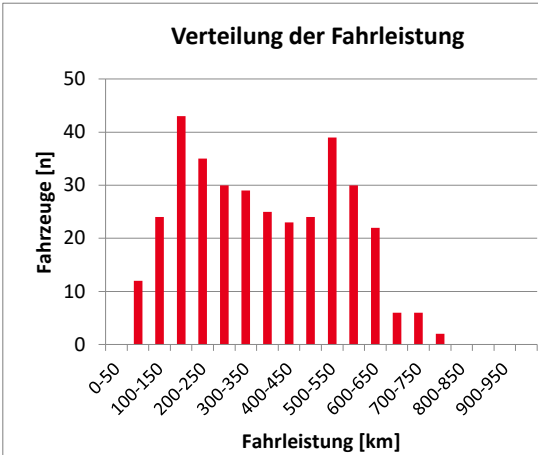
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 5.1 G 1.1: ~ 12 % Nachfrage 4-Sitzer (2030)

G1-1_2030_1

	Modal	max Umwegfaktor	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,12247584			
Erwerbstätige	10	1,4	30	5
Schüler	9	1,4	30	5
Auszubildende	20	1,4	30	5
Rentner	20	1,4	30	1
Sonstige	20	1,4	30	5

Fahrzeuge: 350
Anteil 4 Sitzplätze: 100%
Anteil 8 Sitzplätze: 0.0%
Tabelle: 2030_1
Comparator: max. Effizienz
Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite: 2000 Kilometer
Pausendauer: 0 Minuten



Anhang 5.2 G 1.2: ~ 12 % Nachfrage 8-Sitzer (2012/2030)**Szenario: G 1.2 2012: Morphologischer Kasten ~ 12 % Nachfrage 8-Sitzer (2012)**

Szenario	Vorbereitung		Grundscenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %	~ 75 %		
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: G 1.2 2012 (Nachfrageliste 1) Eingangsparmeter

	Modal	max Umweg	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,11828791			
Erwerbstätige	10	1,4	30	5
Schüler	9	1,4	30	5
Auszubildende	20	1,4	30	5
Rentner	20	1,4	30	1
Sonstige	20	1,4	30	5

Fahrzeuge: 350
 Anteil 4 Sitzplätze: 0%
 Anteil 8 Sitzplätze: 100.0%
 Tabelle: 2012_1
 Comparator: max. Effizienz
 Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
 Reichweite: 2000 Kilometer
 Pausendauer: 0 Minuten

Szenario: G 1.2 2012: Ergebnisse ~ 12 % Nachfrage 8-Sitzer (2012)

Szenario	G1.2 2012		
Nachfragerliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	14.940	14.866	15.138
Fahrtanfragen bedient [-]	14.940	14.866	15.137
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	0	1
daraus erreichter Modal Split	11,83%	11,77%	11,99%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,01%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	151.733	146.726	151.175
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	123.087	120.231	123.329
abrechenbare Personenkilometer [km]	213.119	211.397	218.025
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	28.646	26.495	27.846
Anteil Leerkilometer	18,88%	18,06%	18,42%
Anteil abrechenbare Kilometer *	140,46%	144,08%	144,22%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	350	350	350
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	340	320	330
max. Anzahl mit Passagieren [-]	275	253	279
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	434	419	432
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	446	459	458
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	79	82	73
Maximalwert [km]	922	844	838
Mittelwert [km]	434	418	431
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	609	604	623
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	1:35	1:37	1:28
Maximalwert [hh:mm]	18:26	16:54	16:48
Mittelwert [hh:mm]	8:42	8:23	8:38
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	2	3	3
Maximalwert [Passagiere]	87	100	89
Mittelwert [Passagiere]	43	42	43
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	10,16	9,87	9,99
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,27	14,22	14,40

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

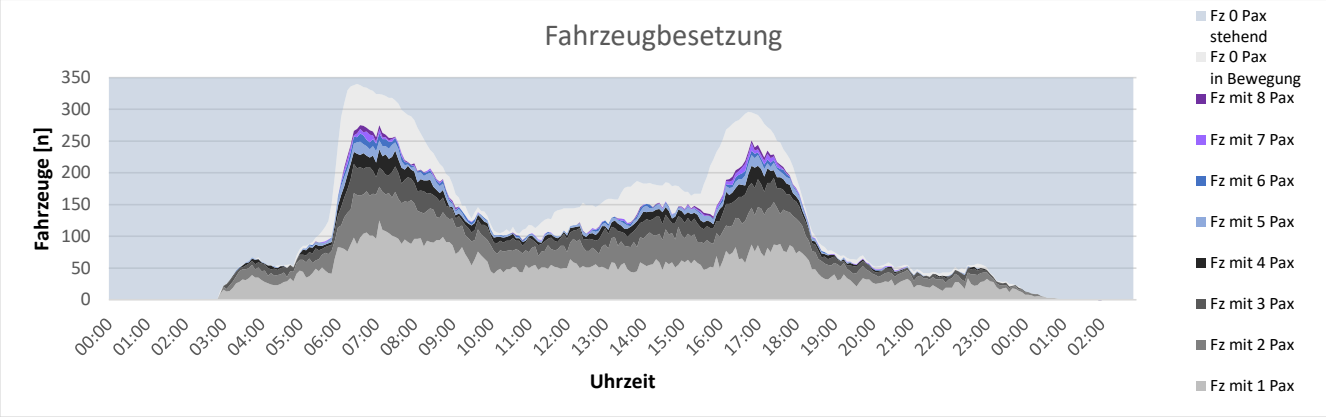
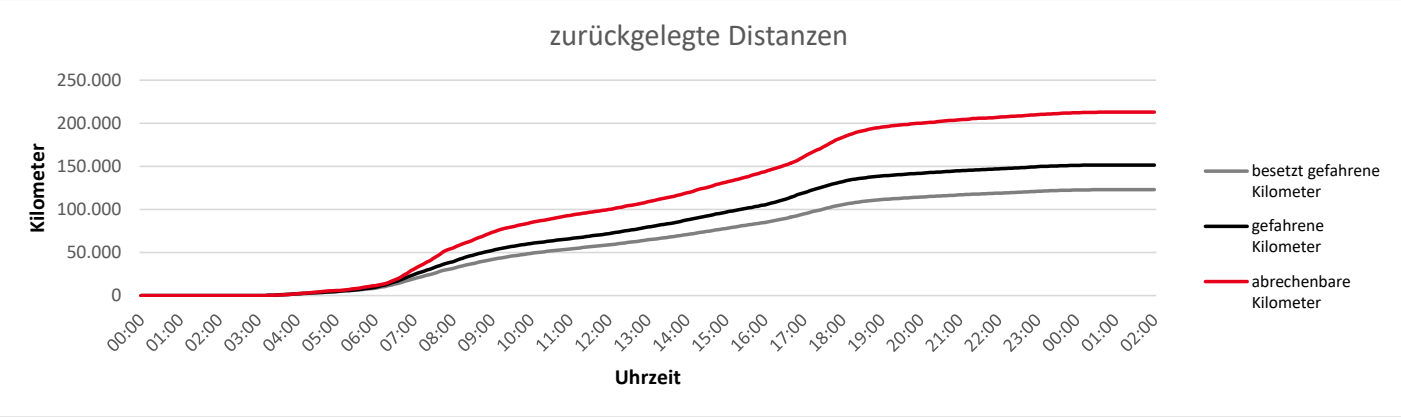
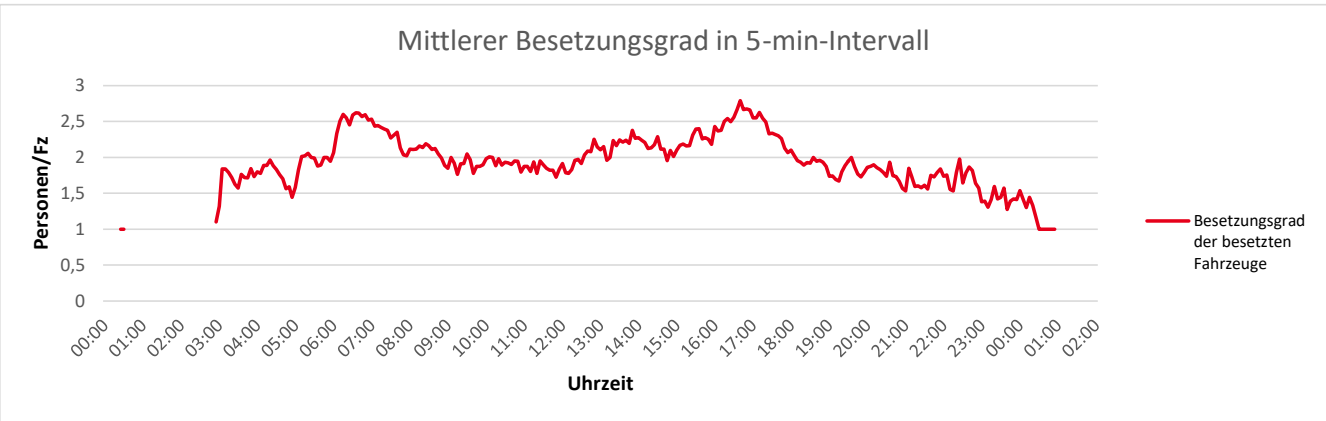
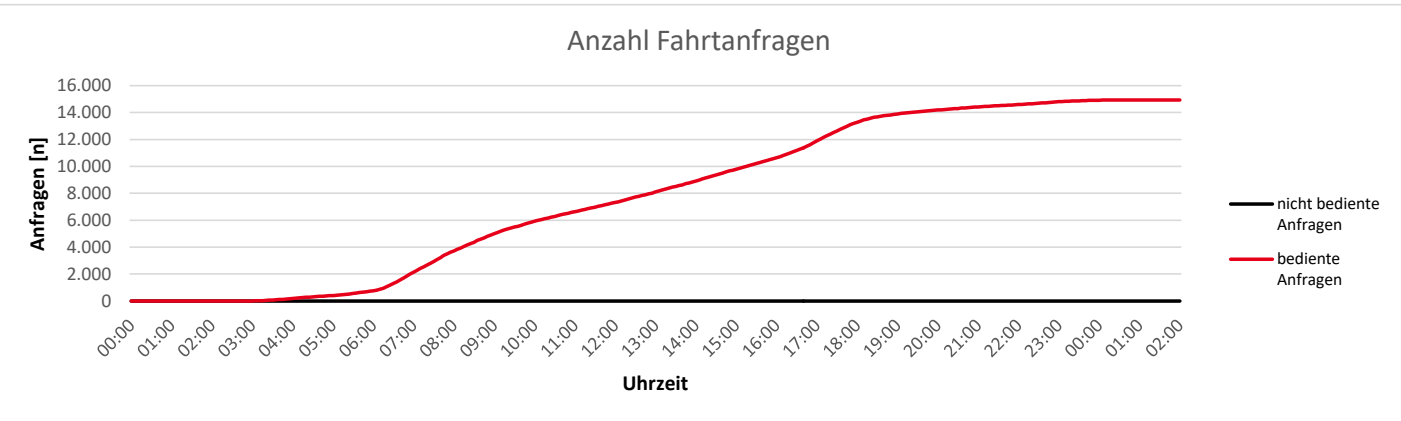
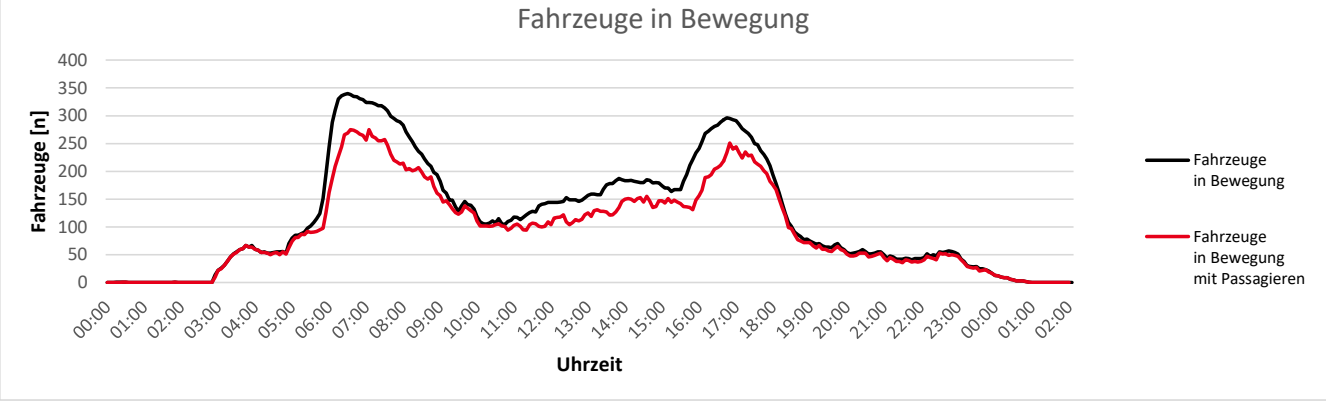
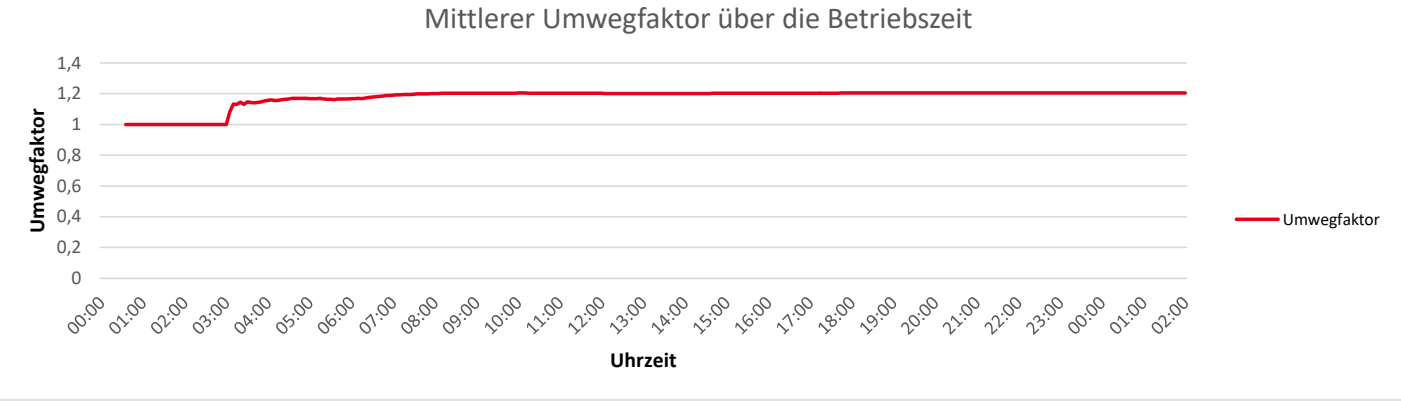
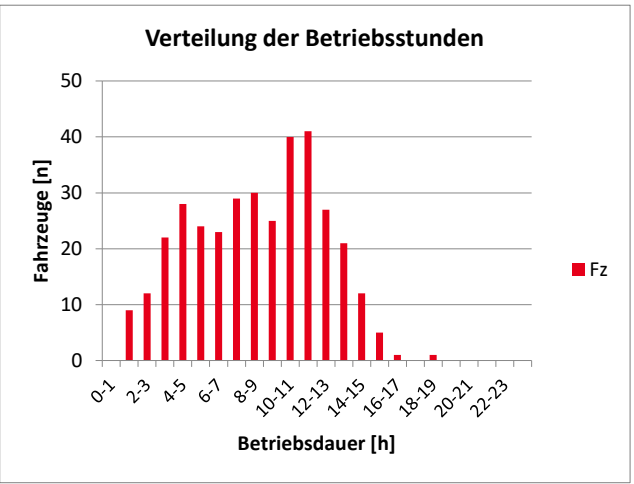
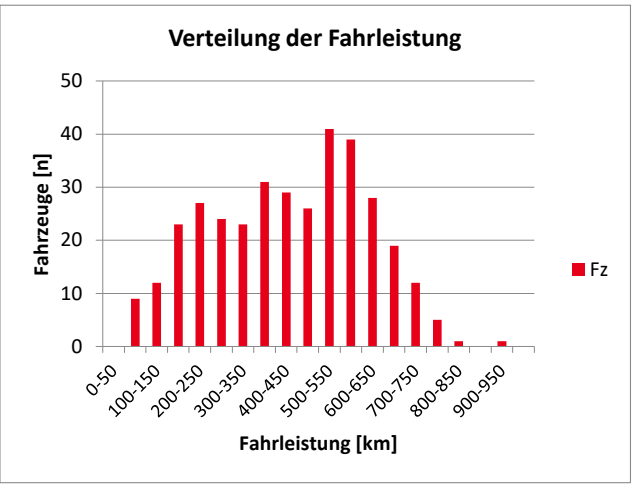
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 5.2 G 1.2: ~ 12 % Nachfrage 8-Sitzer (2012)

G1-2_2012_1

	Modal	max Umwegfaktor	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,11828791			
Erwerbstätige	10	1,4	30	5
Schüler	9	1,4	30	5
Auszubildende	20	1,4	30	5
Rentner	20	1,4	30	1
Sonstige	20	1,4	30	5

Fahrzeuge: 350
Anteil 4 Sitzplätze: 0%
Anteil 8 Sitzplätze: 100.0%
Tabelle: 2012_1
Comparator: max. Effizienz
Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite: 2000 Kilometer
Pausendauer: 0 Minuten



Szenario: G1.2 2030: Morphologischer Kasten ~ 12 % Nachfrage 8-Sitzer (2030)

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %		~ 35 %		~ 75 %
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %		25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: G1.2 2030 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umweg	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,12247584			
Erwerbstätige	10	1,4	30	5
Schüler	9	1,4	30	5
Auszubildende	20	1,4	30	5
Rentner	20	1,4	30	1
Sonstige	20	1,4	30	5

Fahrzeuge:	325
Anteil 4 Sitzplätze:	0%
Anteil 8 Sitzplätze:	100.0%
Tabelle:	2030_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten

Szenario: G1.2 2030: Ergebnisse ~ 12 % Nachfrage 8-Sitzer (2030)

Szenario	G1.1 2030		
Nachfragerliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	12.191	12.159	12.032
Fahrtanfragen bedient [-]	12.191	12.159	12.032
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	0	0
daraus erreichter Modal Split	12,25%	12,22%	12,09%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,00%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	123.081	120.852	117.364
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	101.583	100.585	98.381
abrechenbare Personenkilometer [km]	167.159	166.519	162.260
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	21.498	20.267	18.983
Anteil Leerkilometer	17,47%	16,77%	16,17%
Anteil abrechenbare Kilometer *	135,81%	137,79%	138,25%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	325	325	325
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	257	247	249
max. Anzahl mit Passagieren [-]	221	221	210
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	379	372	361
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	479	489	471
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	63	56	38
Maximalwert [km]	806	831	805
Mittelwert [km]	378	371	360
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	514	512	499
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	1:15	1:08	0:45
Maximalwert [hh:mm]	16:07	16:30	16:14
Mittelwert [hh:mm]	7:34	7:26	7:13
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	3	3	1
Maximalwert [Passagiere]	85	94	92
Mittelwert [Passagiere]	37	37	37
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	10,10	9,94	9,75
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	13,71	13,70	13,49

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

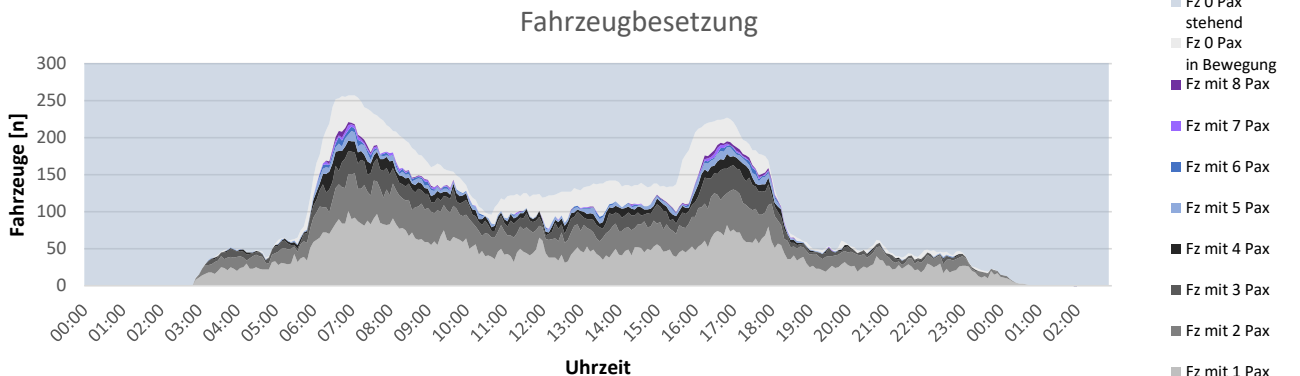
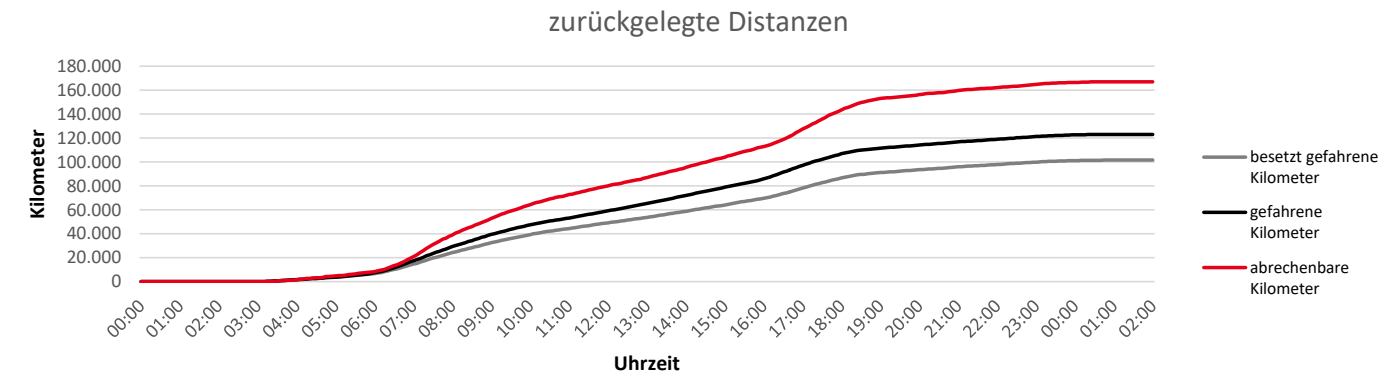
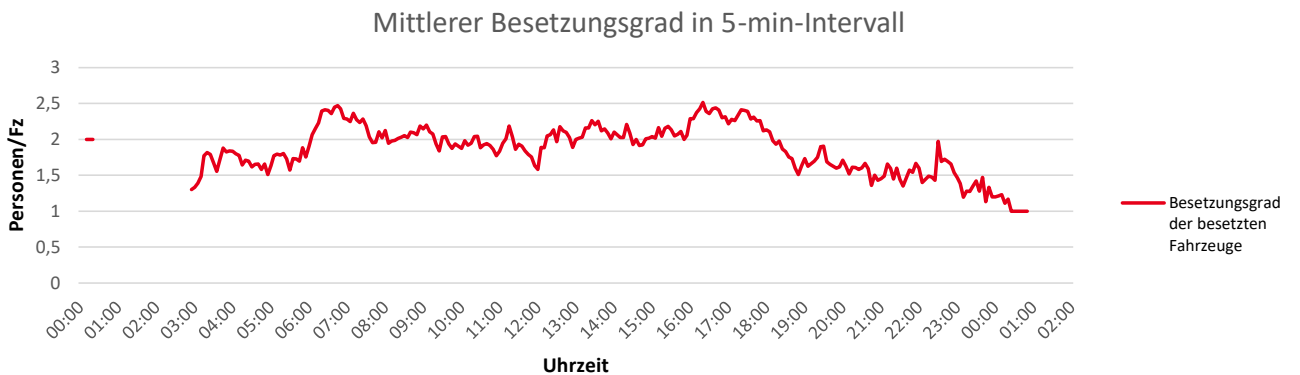
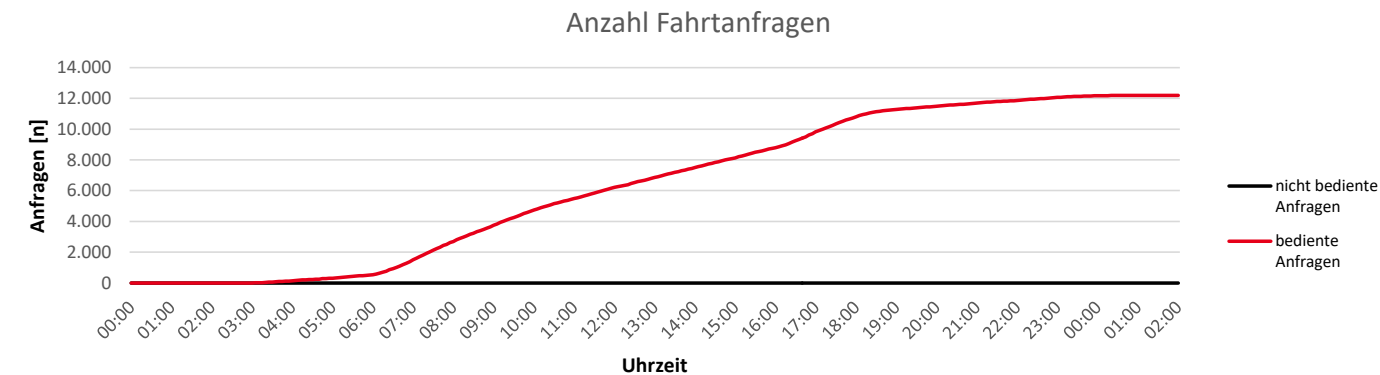
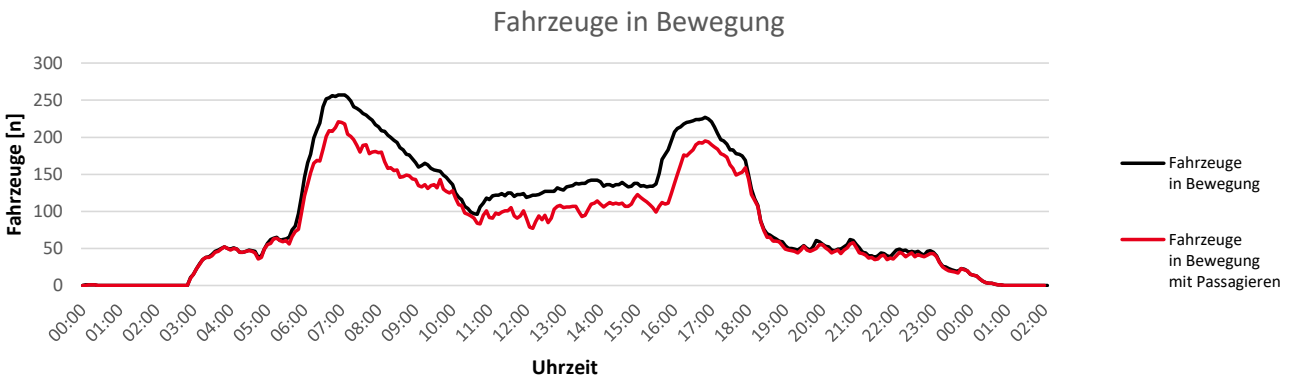
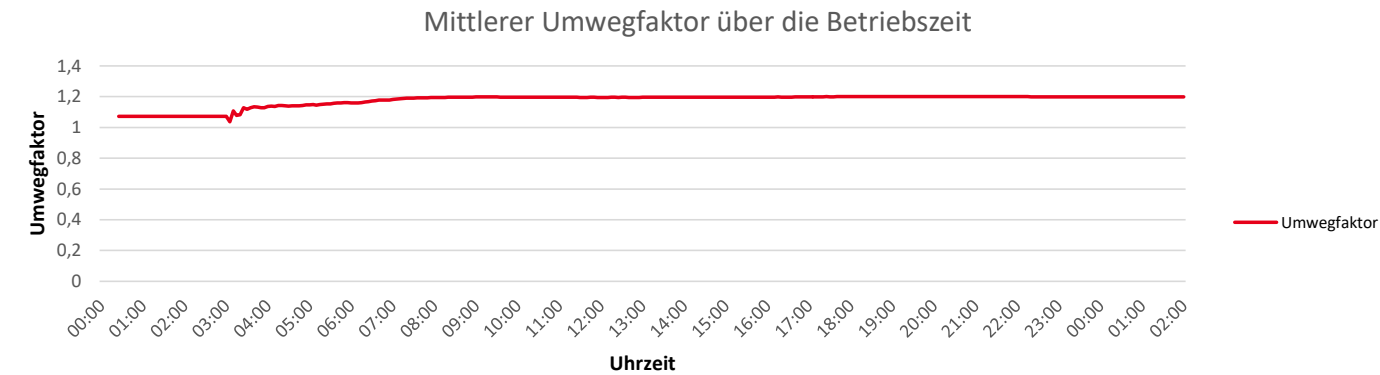
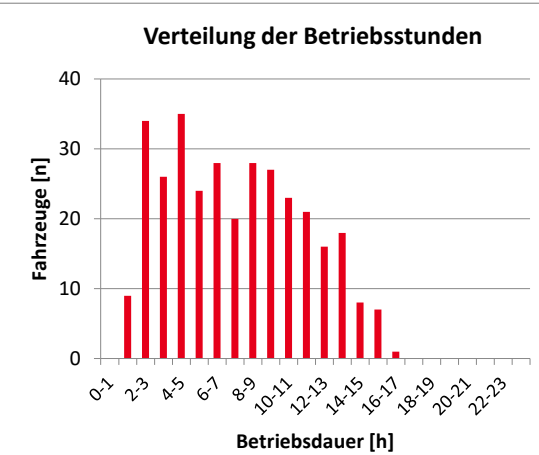
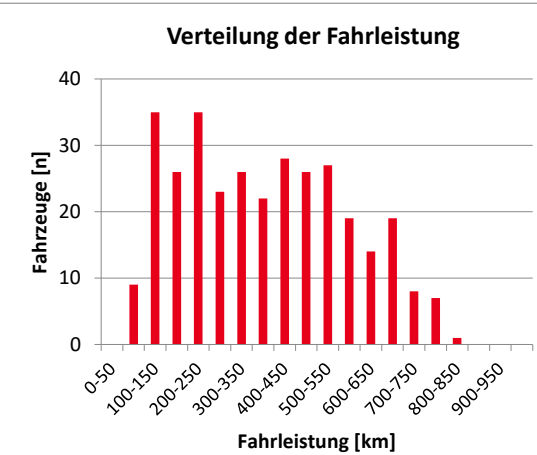
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 5.2 G 1.2: ~ 12 % Nachfrage 8-Sitzer (2030)

G1-2_2030_1

	Modal	max Umwegfaktor	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,12247584			
Erwerbstätige	10	1,4	30	5
Schüler	9	1,4	30	5
Auszubildende	20	1,4	30	5
Rentner	20	1,4	30	1
Sonstige	20	1,4	30	5

Fahrzeuge: 325
Anteil 4 Sitzplätze: 0%
Anteil 8 Sitzplätze: 100.0%
Tabelle: 2030_1
Comparator: max. Effizienz
Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite: 2000 Kilometer
Pausendauer: 0 Minuten



Anhang 5.3 G 2.1: ~ 20 % Nachfrage 4-Sitzer (2012/2030)**Szenario: G2.1 2012: Morphologischer Kasten ~ 20 % Nachfrage 4-Sitzer (2012)**

Szenario	Vorbereitung		Grundscenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %		~ 35 %		~ 75 %
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: G2.1 2012 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umweg	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,19275229			
Erwerbstätige	20	1,4	30	5
Schüler	11	1,4	30	5
Auszubildende	25	1,4	30	5
Rentner	25	1,4	30	1
Sonstige	25	1,4	30	5

Fahrzeuge: 625
 Anteil 4 Sitzplätze: 100%
 Anteil 8 Sitzplätze: 0.0%
 Tabelle: 2012_1
 Comparator: max. Effizienz
 Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
 Reichweite: 2000 Kilometer
 Pausendauer: 0 Minuten

Szenario: G2.1 2012: Ergebnisse ~ 20 % Nachfrage 4-Sitzer (2012)

Szenario	G2.1 2012		
Nachfrageliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	24.345	24.180	24.517
Fahrtanfragen bedient [-]	24.345	24.180	24.517
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	0	0
daraus erreichter Modal Split	19,28%	19,14%	19,41%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,00%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	248.976	243.955	252.135
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	206.425	203.510	208.967
abrechenbare Personenkilometer [km]	356.323	351.779	360.613
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	42.552	40.446	43.168
Anteil Leerkilometer	17,09%	16,58%	17,12%
Anteil abrechenbare Kilometer *	143,12%	144,20%	143,02%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	625	625	625
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	599	587	613
max. Anzahl mit Passagieren [-]	503	475	509
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	398	390	403
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	416	416	411
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	70	81	71
Maximalwert [km]	905	887	929
Mittelwert [km]	398	390	403
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	570	563	577
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	1:24	1:35	1:23
Maximalwert [hh:mm]	18:06	17:51	18:48
Mittelwert [hh:mm]	8:00	7:50	8:05
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	5	4	3
Maximalwert [Passagiere]	94	94	102
Mittelwert [Passagiere]	39	39	39
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	10,23	10,09	10,28
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,64	14,55	14,71

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

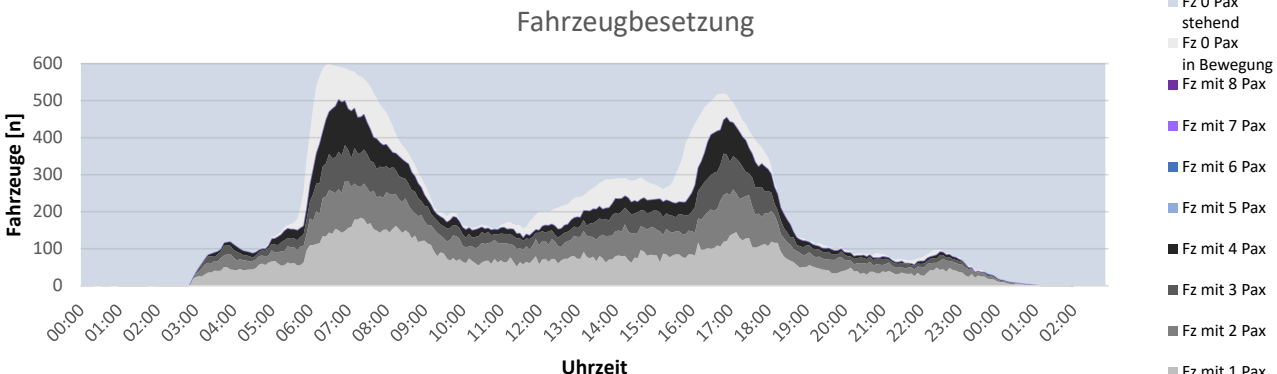
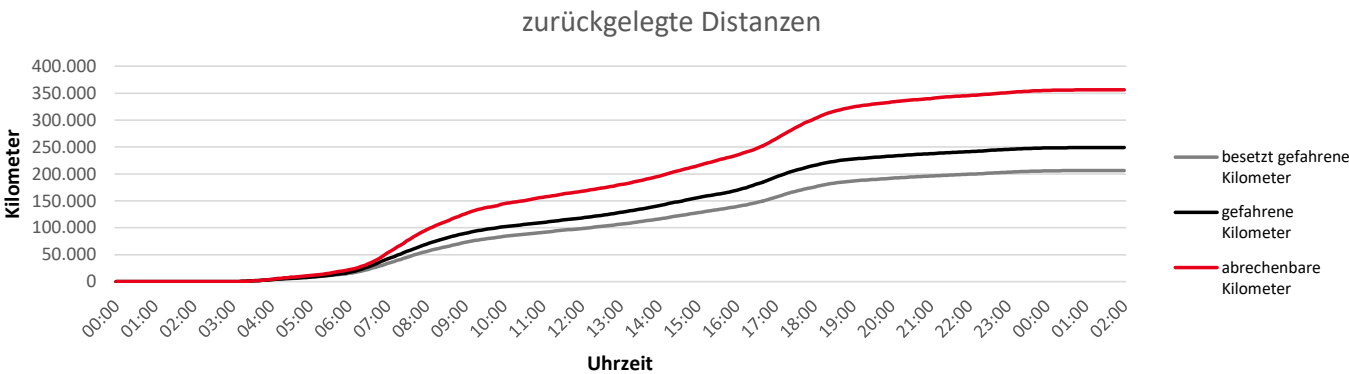
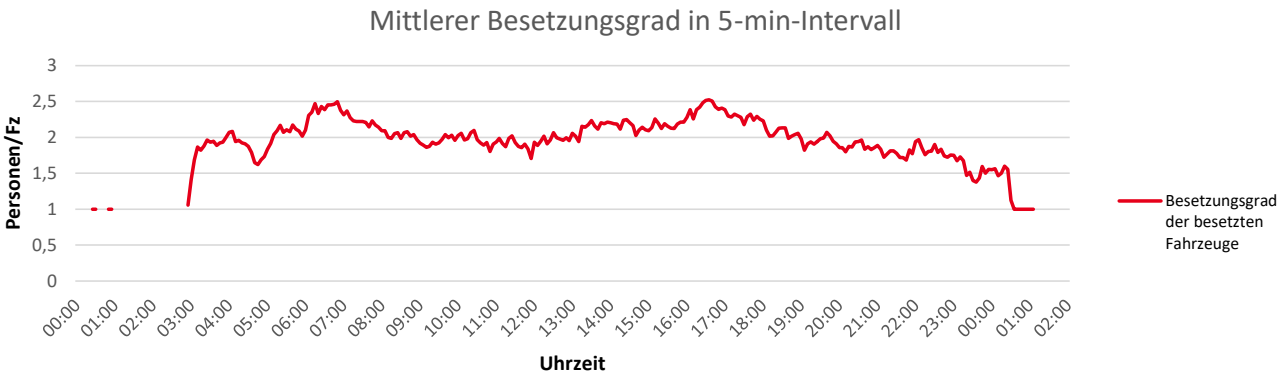
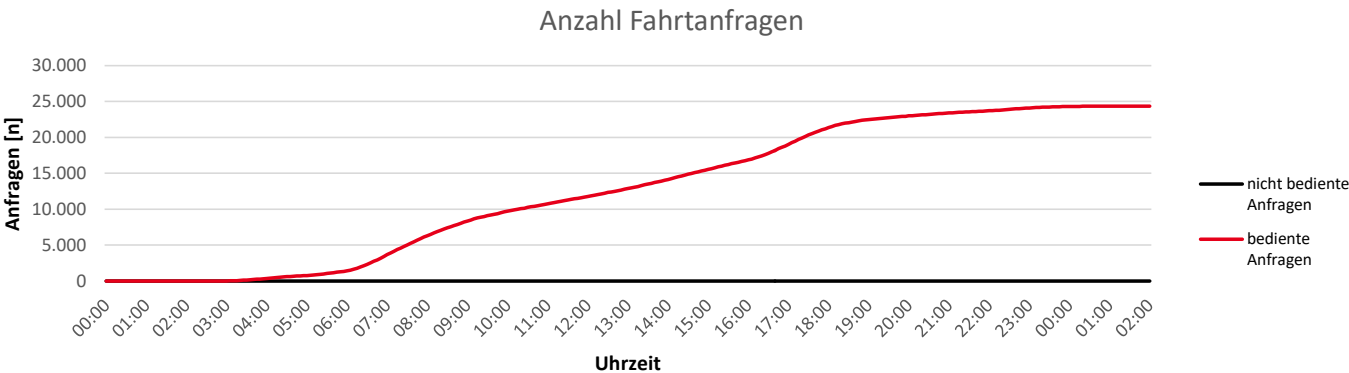
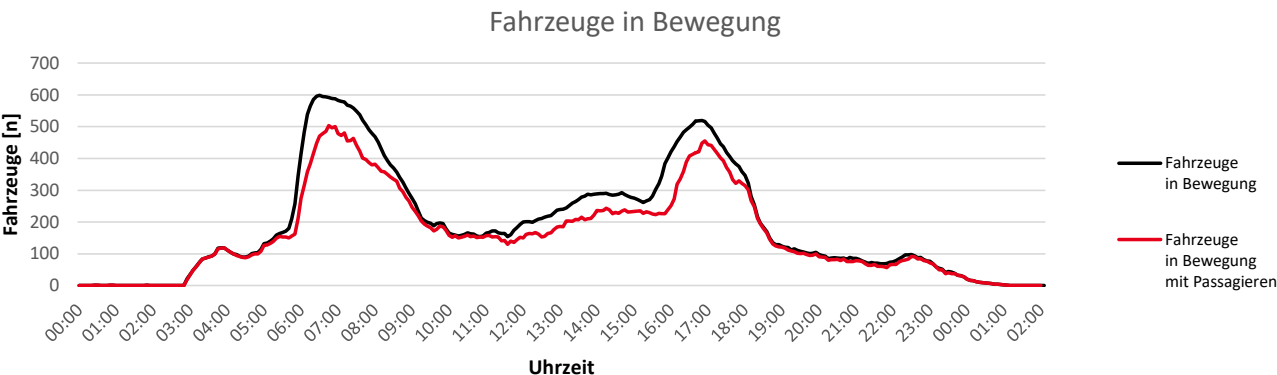
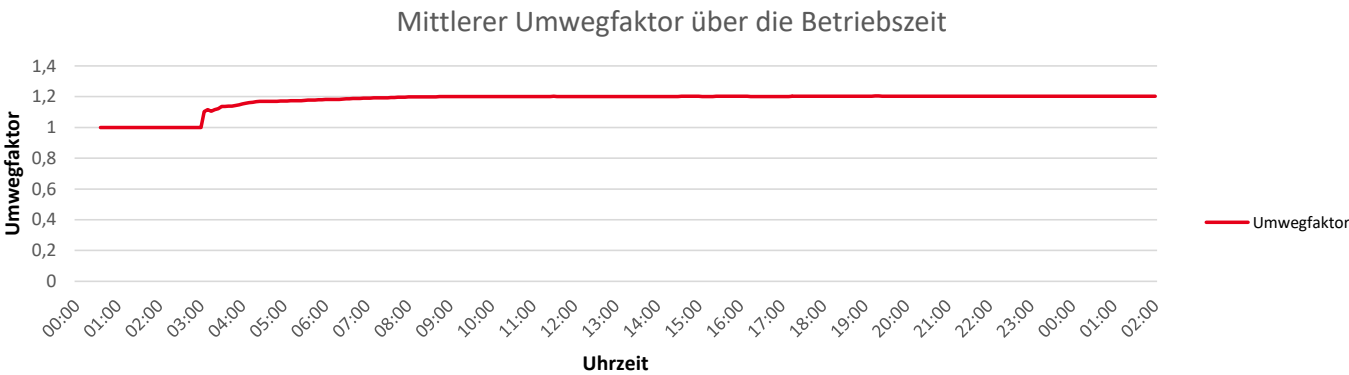
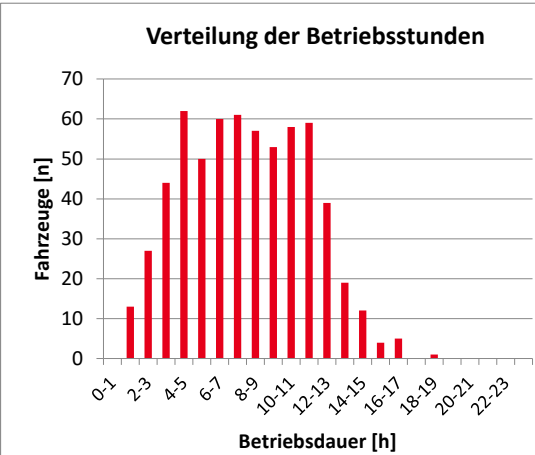
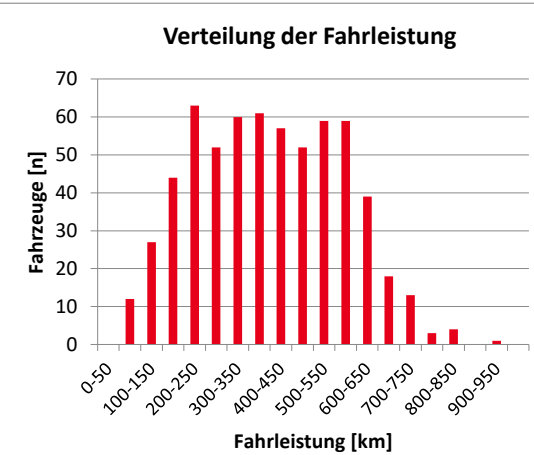
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 5.3 G 2.1: ~ 20 % Nachfrage 4-Sitzer (2012)

G2-1_2012_1

	Modal	max Umwegfaktor	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,19275229			
Erwerbstätige	20	1,4	30	5
Schüler	11	1,4	30	5
Auszubildende	25	1,4	30	5
Rentner	25	1,4	30	1
Sonstige	25	1,4	30	5

Fahrzeuge: 625
Anteil 4 Sitzplätze: 100%
Anteil 8 Sitzplätze: 0.0%
Tabelle: 2012_1
Comparator: max. Effizienz
Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite: 2000 Kilometer
Pausendauer: 0 Minuten



Szenario: G2.1 2030: Morphologischer Kasten ~ 20 % Nachfrage 4-Sitzer (2030)

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %		~ 35 %	~ 75 %	
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: G2.1 2030 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umweg	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,19194679			
Erwerbstätige	20	1,4	30	5
Schüler	11	1,4	30	5
Auszubildende	25	1,4	30	5
Rentner	25	1,4	30	1
Sonstige	25	1,4	30	5

Fahrzeuge:	475
Anteil 4 Sitzplätze:	100%
Anteil 8 Sitzplätze:	0.0%
Tabelle:	2030_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten

Szenario: G2.1 2030: Ergebnisse ~ 20 % Nachfrage 4-Sitzer (2030)

Szenario	G2.1 2030		
Nachfrageliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	19.106	19.055	19.151
Fahrtanfragen bedient [-]	19.106	19.055	19.151
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	0	0
daraus erreichter Modal Split	19,19%	19,14%	19,24%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,00%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	195.925	198.491	195.592
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	162.446	162.481	161.909
abrechenbare Personenkilometer [km]	270.343	270.943	268.493
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	33.478	36.010	33.683
Anteil Leerkilometer	17,09%	18,14%	17,22%
Anteil abrechenbare Kilometer *	137,98%	136,50%	137,27%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	475	475	475
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	447	449	432
max. Anzahl mit Passagieren [-]	372	374	364
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	412	418	412
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	438	442	453
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	86	68	82
Maximalwert [km]	871	826	905
Mittelwert [km]	412	417	411
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	569	570	565
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	1:43	1:21	1:37
Maximalwert [hh:mm]	17:30	16:36	18:08
Mittelwert [hh:mm]	8:15	8:22	8:15
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	5	3	4
Maximalwert [Passagiere]	101	88	93
Mittelwert [Passagiere]	40	40	40
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	10,25	10,42	10,21
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,15	14,22	14,02

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

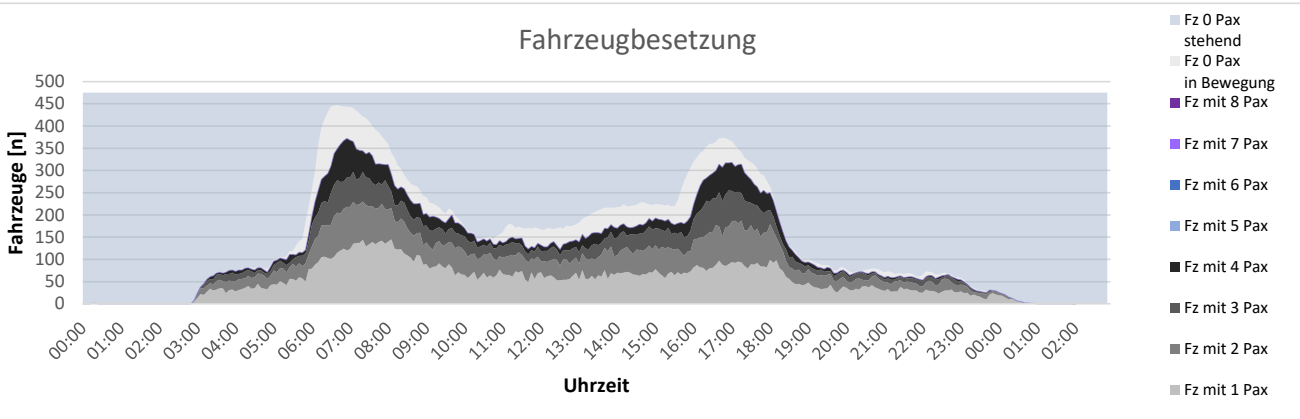
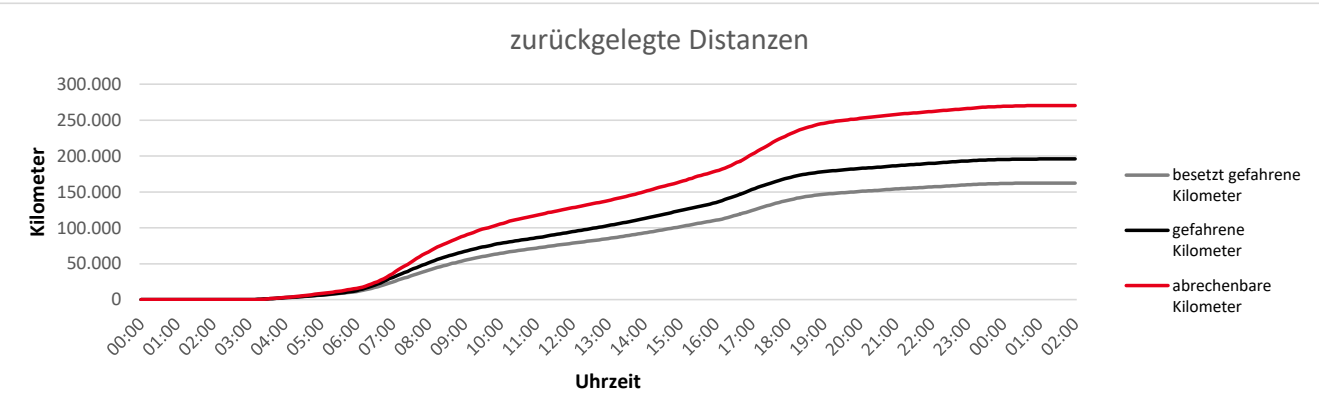
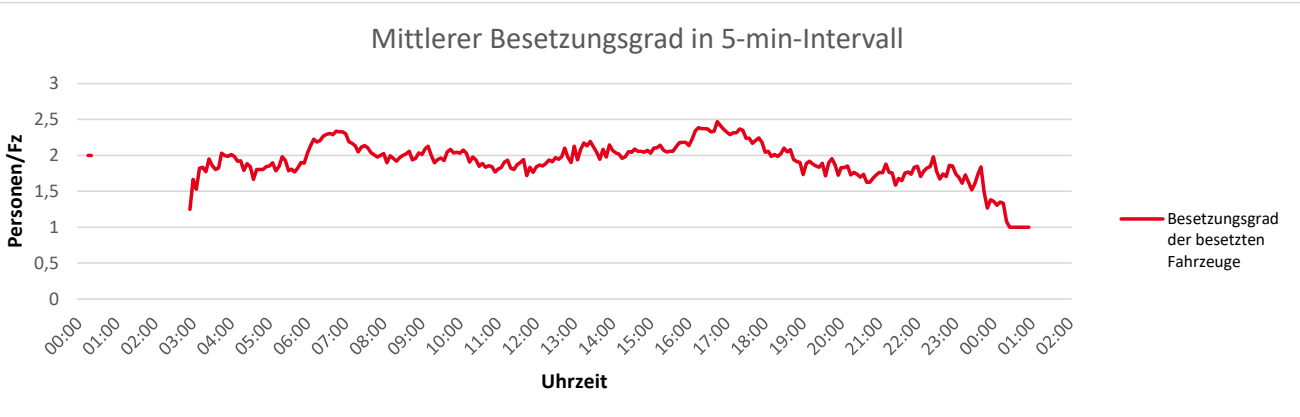
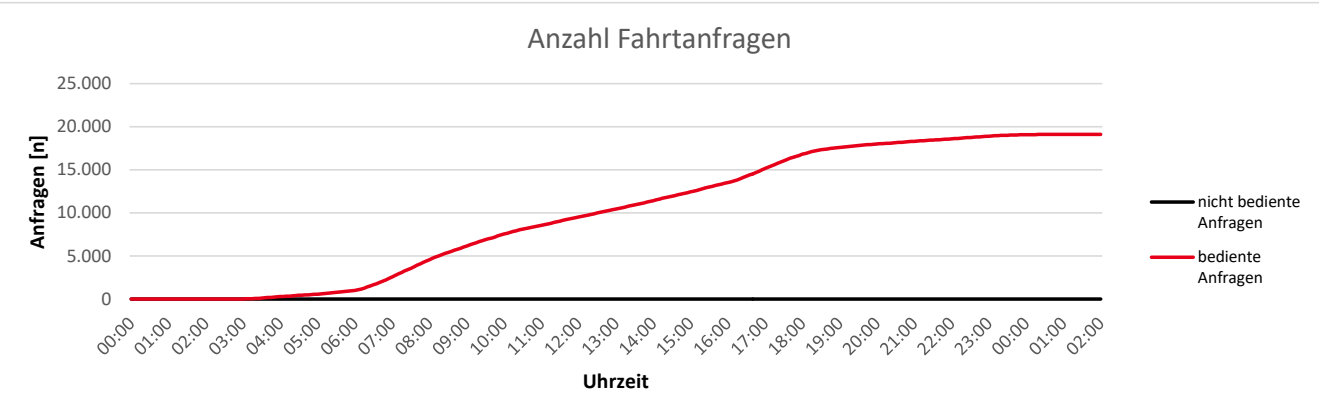
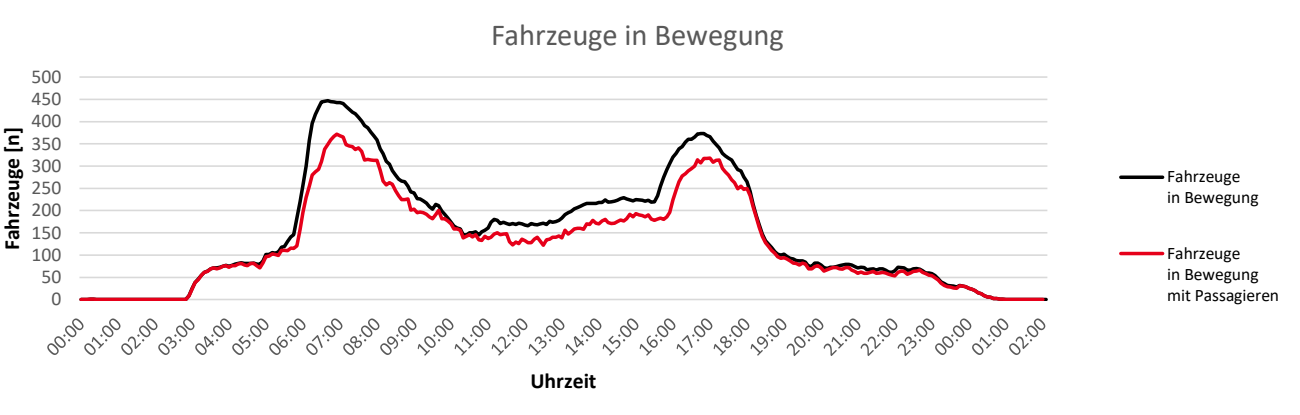
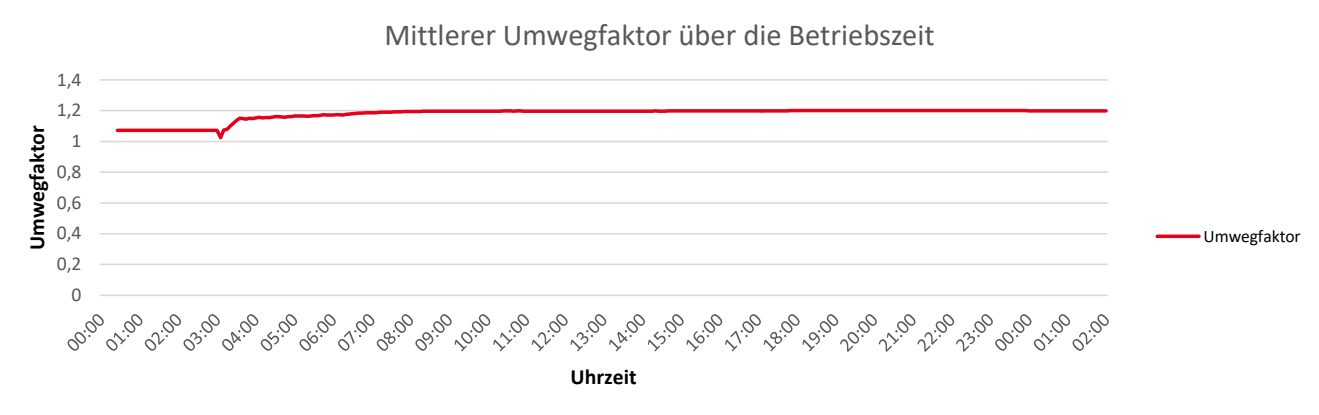
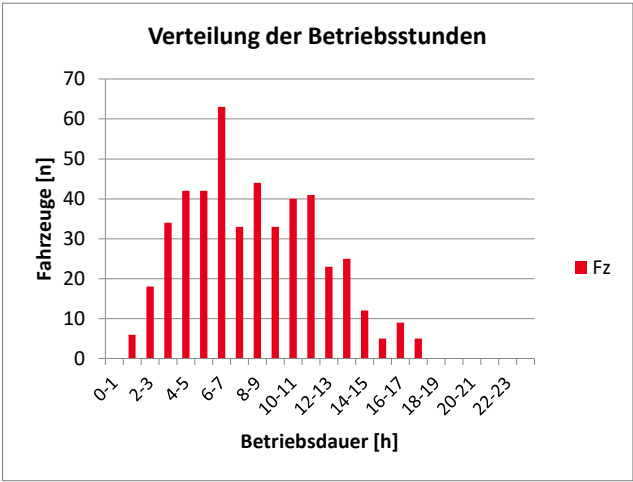
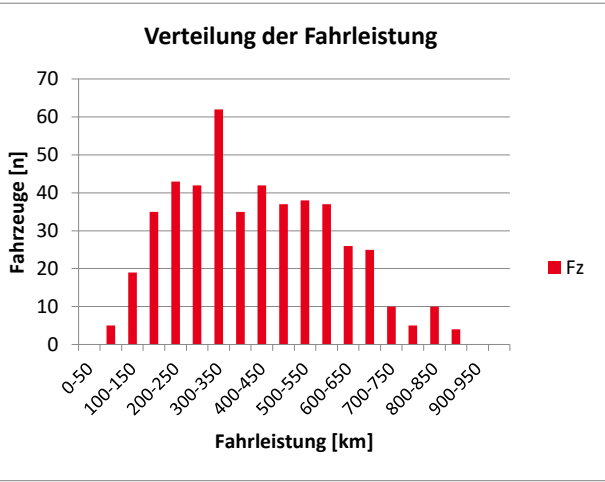
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 5.3 G 2.1: ~ 20 % Nachfrage 4-Sitzer (2030)

G2-1_2030_1

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,19194679			
Erwerbstätige	20	1,4	30	5
Schüler	11	1,4	30	5
Auszubildende	25	1,4	30	5
Rentner	25	1,4	30	1
Sonstige	25	1,4	30	5

Fahrzeuge: 475
Anteil 4 Sitzplätze: 100%
Anteil 8 Sitzplätze: 0.0%
Tabelle: 2030_1
Comparator: max. Effizienz
Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite: 2000 Kilometer
Pausendauer: 0 Minuten



Anhang 5.4 G 2.2: ~ 20 % Nachfrage 8-Sitzer (2012/2030)**Szenario: G 2.2 2012: Morphologischer Kasten ~ 20 % Nachfrage 8-Sitzer (2012)**

Szenario	Vorbereitung		Grundscenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %	~ 75 %		
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: G 2.2 2012 (Nachfrageliste 1) Eingangsparmeter

	Modal	max Umweg	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,19275229			
Erwerbstätige	20	1,4	30	5
Schüler	11	1,4	30	5
Auszubildende	25	1,4	30	5
Rentner	25	1,4	30	1
Sonstige	25	1,4	30	5

Fahrzeuge:	550
Anteil 4 Sitzplätze:	0%
Anteil 8 Sitzplätze:	100.0%
Tabelle:	2012_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten

Szenario: G 2.2 2012: Ergebnisse ~ 20 % Nachfrage 8-Sitzer (2012)

Szenario	G2.2 2012		
Nachfragerliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	24.345	24.180	24.517
Fahrtanfragen bedient [-]	24.345	24.180	24.517
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	0	0
daraus erreichter Modal Split	19,28%	19,14%	19,41%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,00%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	228.498	224.809	229.186
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	187.604	185.981	188.873
abrechenbare Personenkilometer [km]	356.323	351.779	360.613
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	40.894	38.828	40.313
Anteil Leerkilometer	17,90%	17,27%	17,59%
Anteil abrechenbare Kilometer *	155,94%	156,48%	157,35%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	550	550	550
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	531	516	523
max. Anzahl mit Passagieren [-]	443	421	442
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	415	409	417
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	430	436	438
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	57	80	65
Maximalwert [km]	944	861	888
Mittelwert [km]	415	408	416
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	648	640	656
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	1:08	1:36	1:18
Maximalwert [hh:mm]	18:54	17:14	17:46
Mittelwert [hh:mm]	8:19	8:11	8:20
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	2	4	4
Maximalwert [Passagiere]	103	109	110
Mittelwert [Passagiere]	44	44	45
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	9,39	9,30	9,35
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,64	14,55	14,71

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

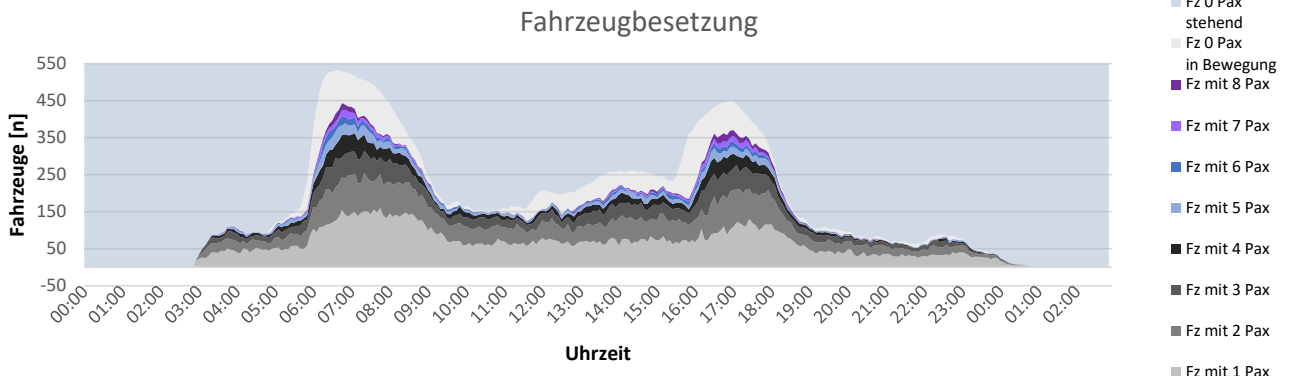
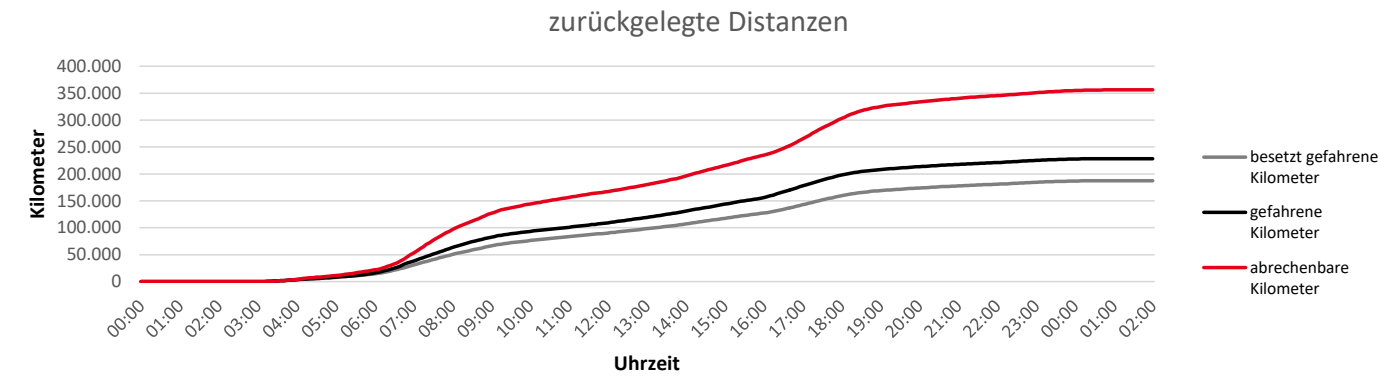
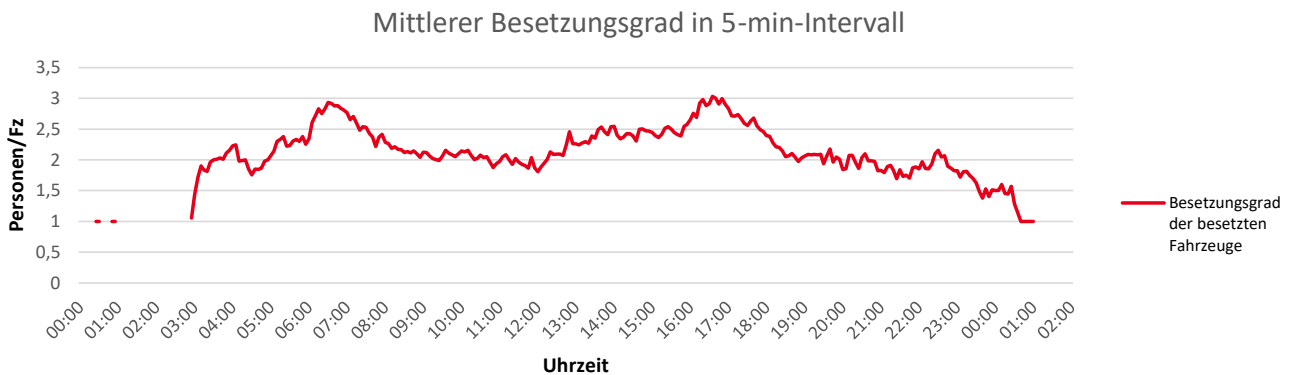
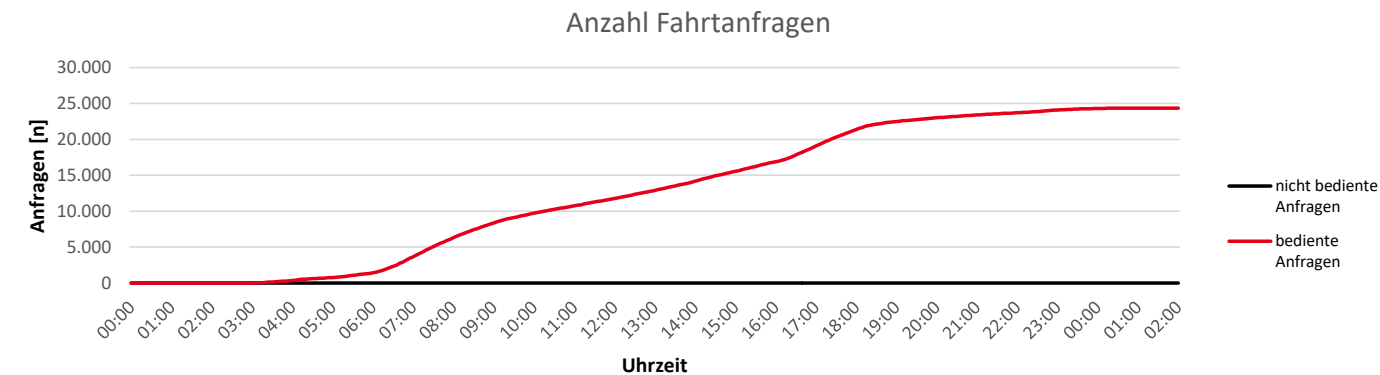
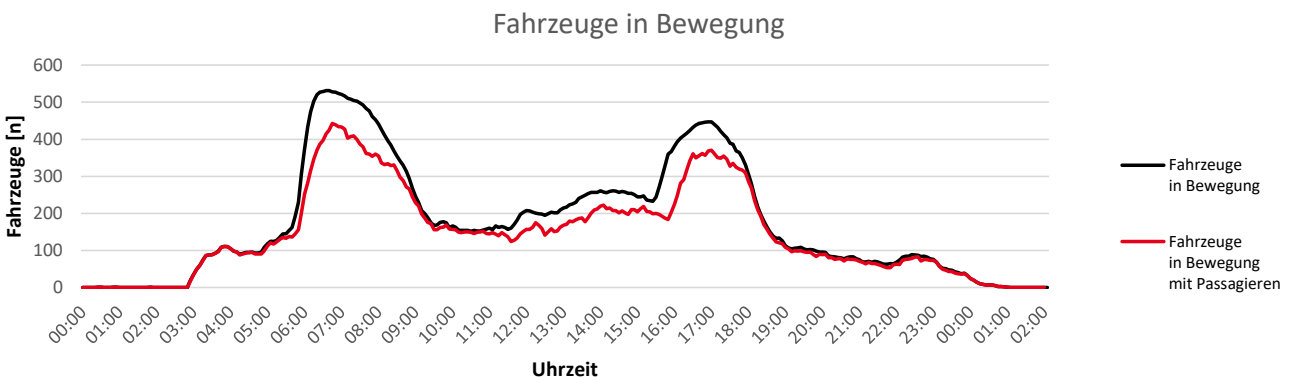
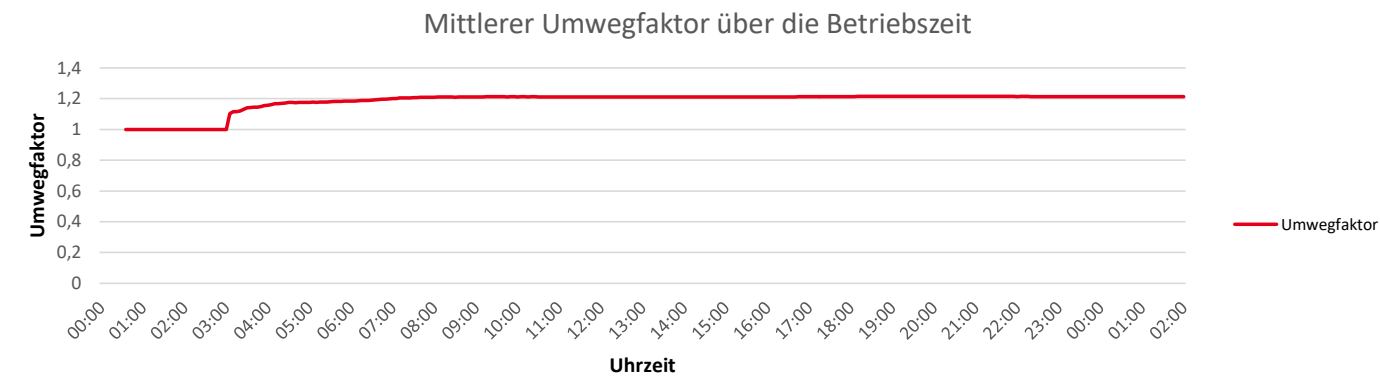
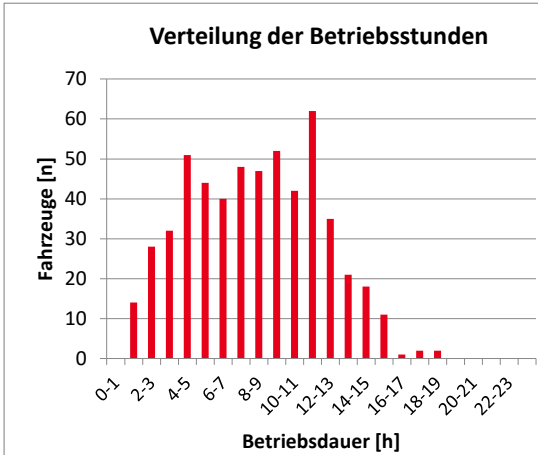
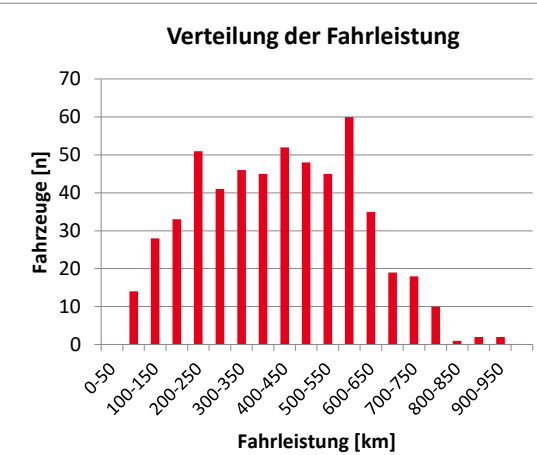
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 5.4 G 2.2: ~ 20 % Nachfrage 8-Sitzer (2012)

G2-2_2012_1

	Modal	max Umwegfaktor	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,19275229			
Erwerbstätige	20	1,4	30	5
Schüler	11	1,4	30	5
Auszubildende	25	1,4	30	5
Rentner	25	1,4	30	1
Sonstige	25	1,4	30	5

Fahrzeuge: 550
Anteil 4 Sitzplätze: 0%
Anteil 8 Sitzplätze: 100.0%
Tabelle: 2012_1
Comparator: max. Effizienz
Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite: 2000 Kilometer
Pausendauer: 0 Minuten



Szenario: G 2.2 2030: Morphologischer Kasten ~ 20 % Nachfrage 8-Sitzer (2030)

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %		~ 35 %	~ 75 %	
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: G 2.2 2030 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umweg	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,19194679			
Erwerbstätige	20	1,4	30	5
Schüler	11	1,4	30	5
Auszubildende	25	1,4	30	5
Rentner	25	1,4	30	1
Sonstige	25	1,4	30	5

Fahrzeuge:	400
Anteil 4 Sitzplätze:	0%
Anteil 8 Sitzplätze:	100.0%
Tabelle:	2030_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten

Szenario: G 2.2 2030: Ergebnisse ~ 20 % Nachfrage 8-Sitzer (2030)

Szenario	G2.2 2030		
Nachfrageliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	19.106	19.055	19.151
Fahrtanfragen bedient [-]	19.106	19.019	19.148
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	36	3
daraus erreichter Modal Split	19,19%	19,14%	19,24%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,19%	0,02%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	182.577	184.589	185.295
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	148.726	149.605	150.180
abrechenbare Personenkilometer [km]	270.343	270.432	268.435
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	33.851	34.983	35.115
Anteil Leerkilometer	18,54%	18,95%	18,95%
Anteil abrechenbare Kilometer *	148,07%	146,51%	144,87%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	400	400	400
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	391	400	393
max. Anzahl mit Passagieren [-]	326	331	322
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	456	461	463
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	467	461	471
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	79	75	81
Maximalwert [km]	872	909	954
Mittelwert [km]	455	460	462
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	676	676	671
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	1:32	1:29	1:37
Maximalwert [hh:mm]	17:26	18:12	18:59
Mittelwert [hh:mm]	9:08	9:14	9:16
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	4	4	3
Maximalwert [Passagiere]	104	103	102
Mittelwert [Passagiere]	48	47	48
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	9,56	9,71	9,68
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,15	14,22	14,02

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

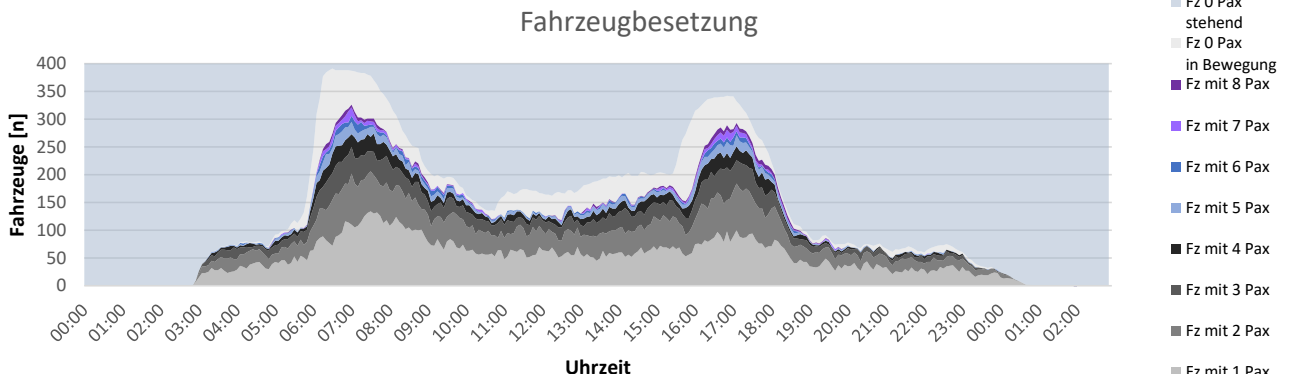
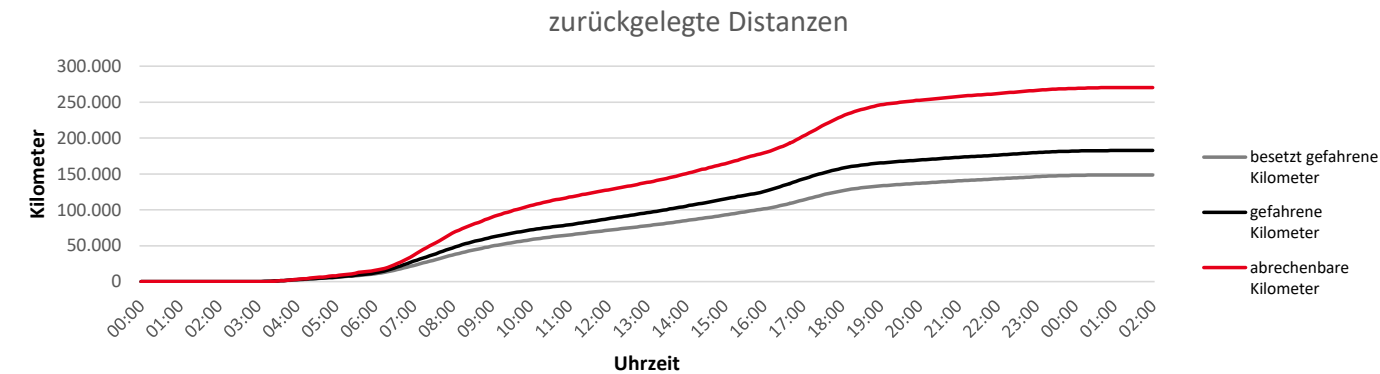
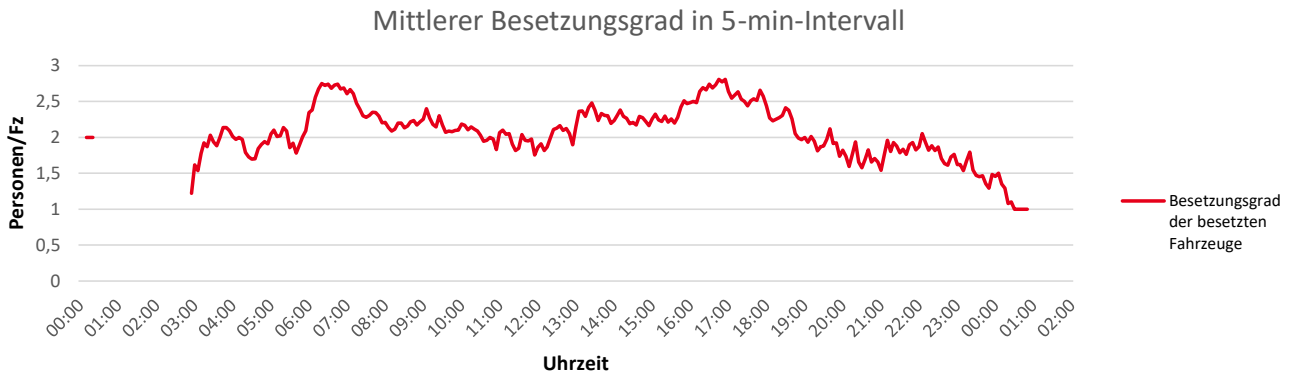
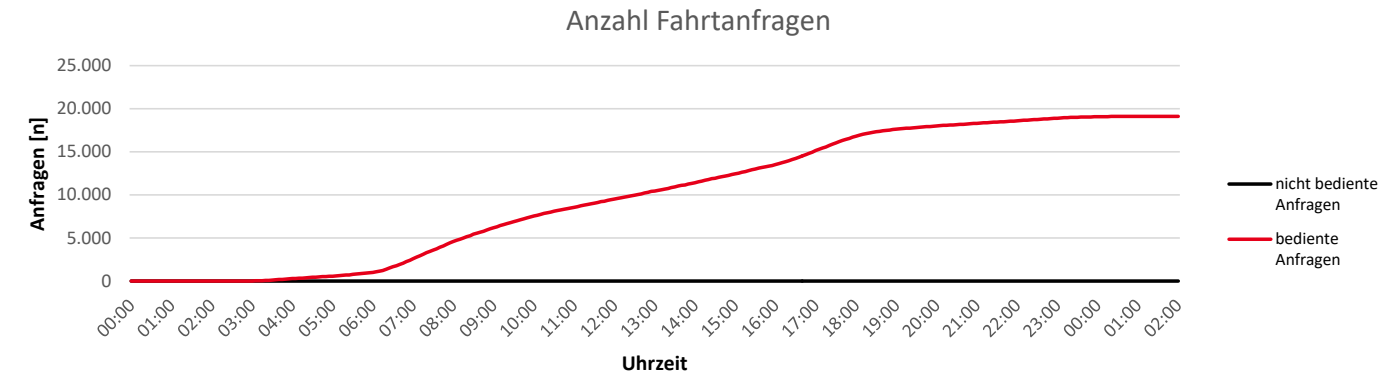
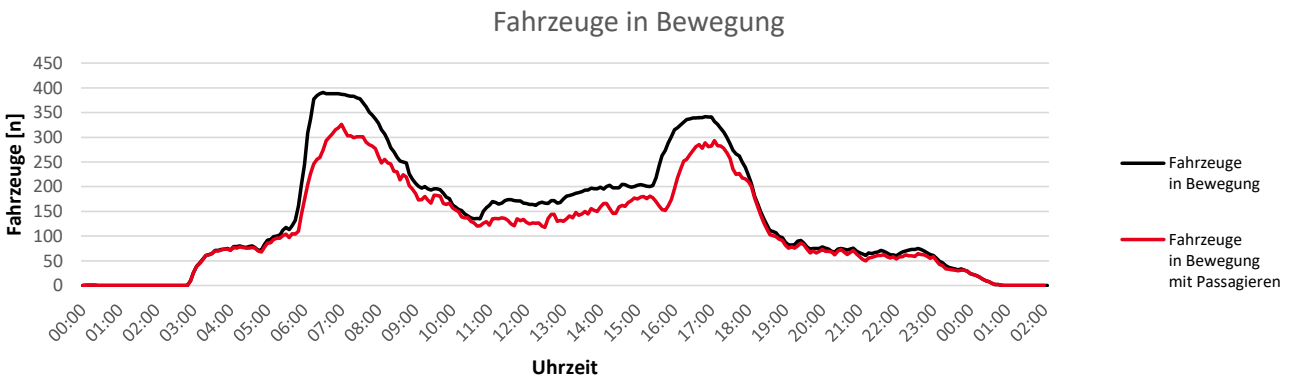
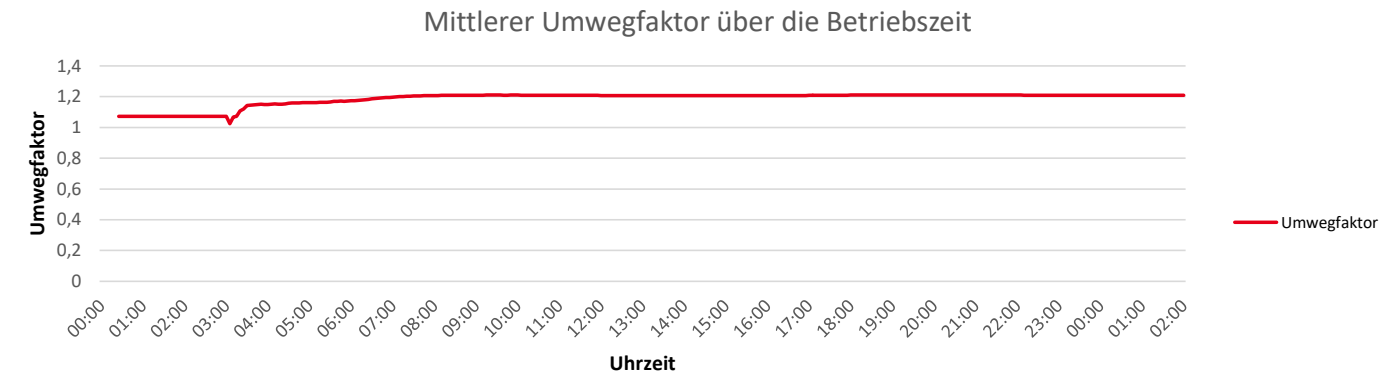
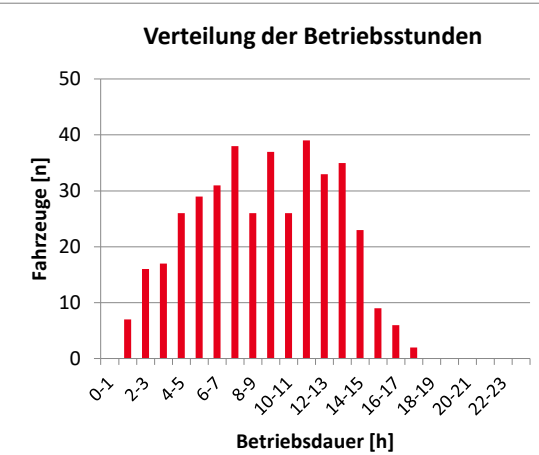
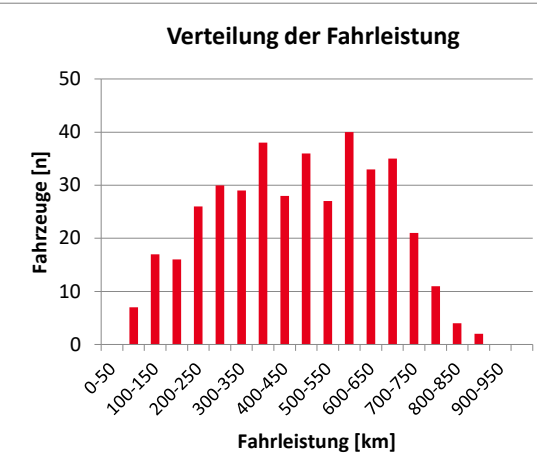
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 5.4 G 2.2: ~ 20 % Nachfrage 8-Sitzer (2030)

G2-2_2030_1

	Modal	max Umwegfaktor	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,19194679			
Erwerbstätige	20	1,4	30	5
Schüler	11	1,4	30	5
Auszubildende	25	1,4	30	5
Rentner	25	1,4	30	1
Sonstige	25	1,4	30	5

Fahrzeuge: 400
Anteil 4 Sitzplätze: 0%
Anteil 8 Sitzplätze: 100.0%
Tabelle: 2030_1
Comparator: max. Effizienz
Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite: 2000 Kilometer
Pausendauer: 0 Minuten



Anhang 5.5 G 3.1: ~ 35 % Nachfrage 4-Sitzer (2012/2030)**Szenario: G 3.1 2012: Morphologischer Kasten ~ 35 % Nachfrage 4-Sitzer (2012)**

Szenario	Vorbereitung		Grundscenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %		~ 75 %	
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: G 3.1 2012 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umweg	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33411981			
Erwerbstätige	35	1,4	30	5
Schüler	15	1,4	30	5
Auszubildende	50	1,4	30	5
Rentner	45	1,4	30	1
Sonstige	40	1,4	30	5

Fahrzeuge:	1000
Anteil 4 Sitzplätze:	100%
Anteil 8 Sitzplätze:	0.0%
Tabelle:	2012_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten

Szenario: G 3.1 2012: Ergebnisse ~ 35 % Nachfrage 4-Sitzer (2012)

Szenario	G3.1 2012		
Nachfragerliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	42.200	42.501	42.612
Fahrtanfragen bedient [-]	42.199	42.501	42.611
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	1	0	1
daraus erreichter Modal Split	33,41%	33,65%	33,74%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,00%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	407.211	410.972	412.990
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	338.724	340.696	344.272
abrechenbare Personenkilometer [km]	618.278	621.295	626.341
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	68.486	70.277	68.717
Anteil Leerkilometer	16,82%	17,10%	16,64%
Anteil abrechenbare Kilometer *	151,83%	151,18%	151,66%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	1000	1000	1000
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	988	992	987
max. Anzahl mit Passagieren [-]	825	795	798
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	407	411	413
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	412	414	418
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	74	80	80
Maximalwert [km]	961	943	894
Mittelwert [km]	407	411	413
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	618	621	626
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	1:29	1:34	1:36
Maximalwert [hh:mm]	19:22	18:57	17:57
Mittelwert [hh:mm]	8:10	8:14	8:17
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	3	3	5
Maximalwert [Passagiere]	99	99	108
Mittelwert [Passagiere]	42	43	43
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	9,65	9,67	9,69
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,65	14,62	14,70

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

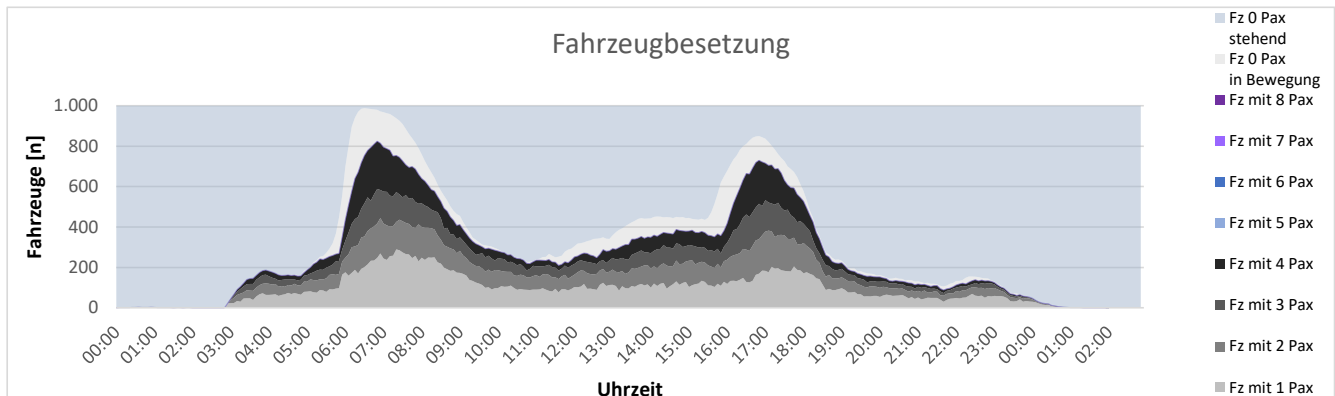
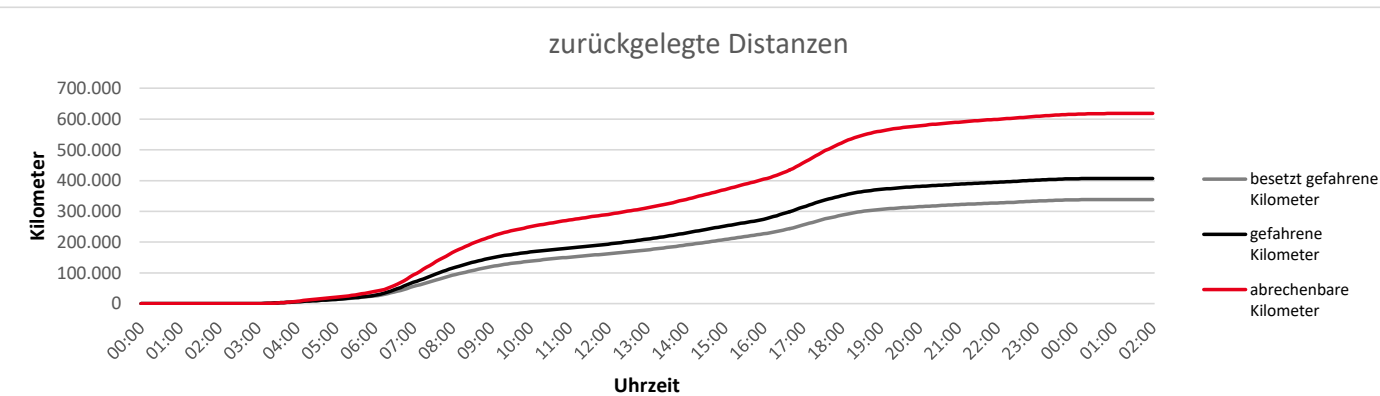
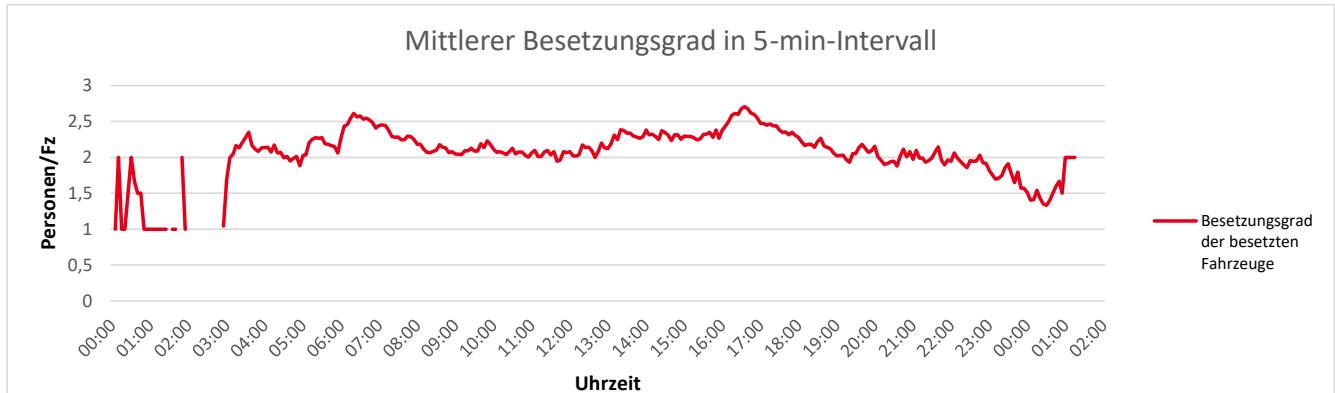
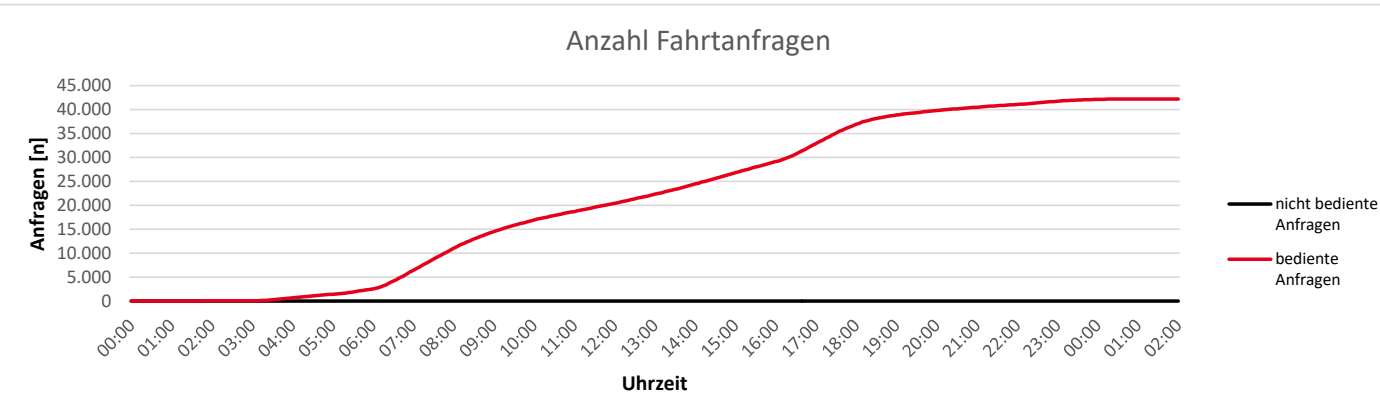
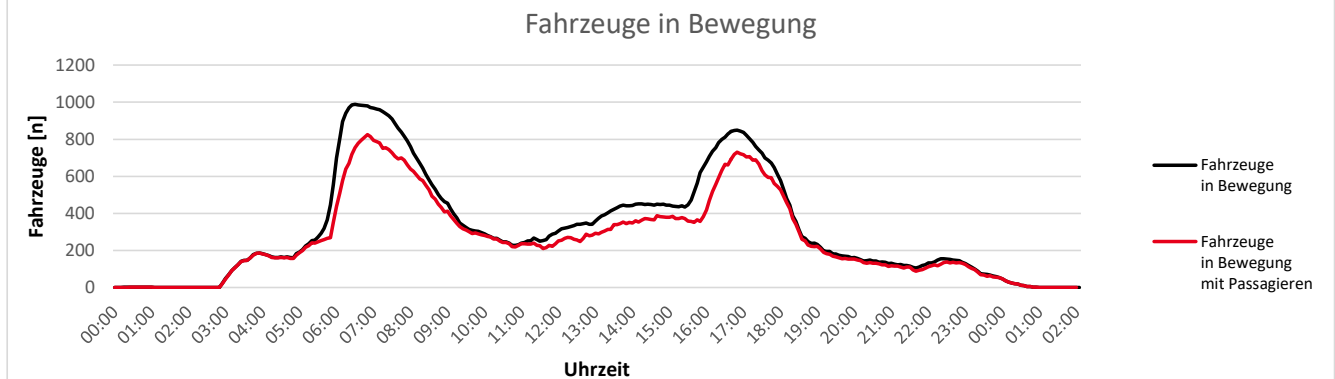
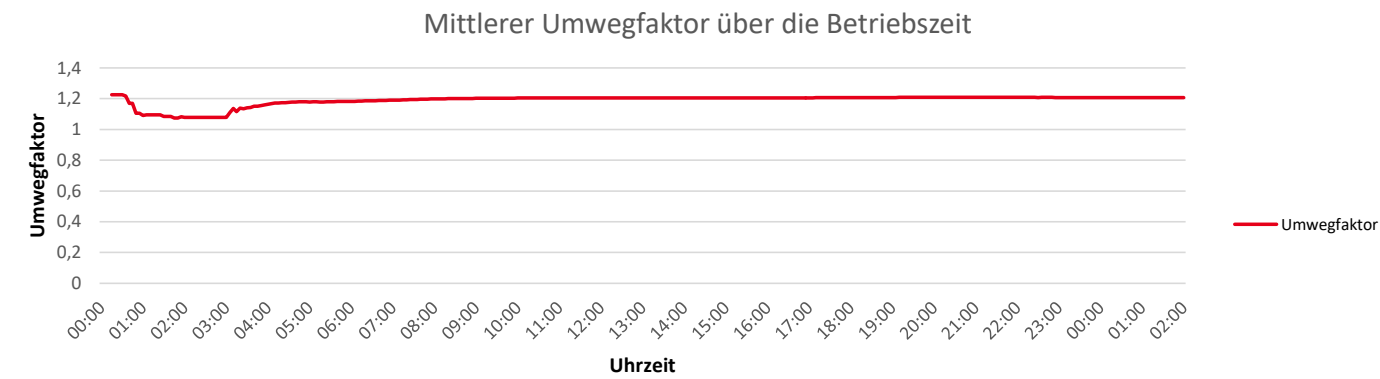
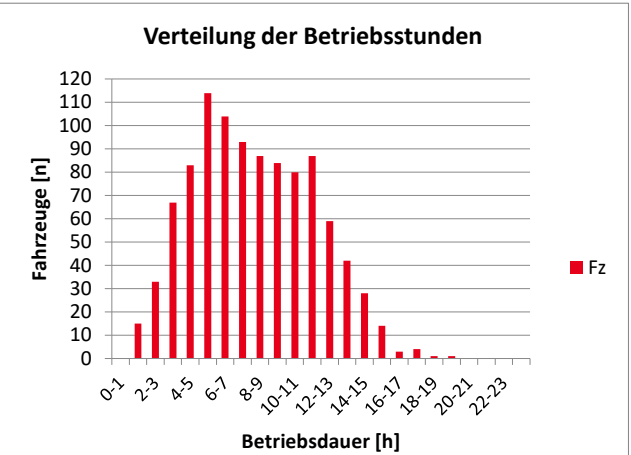
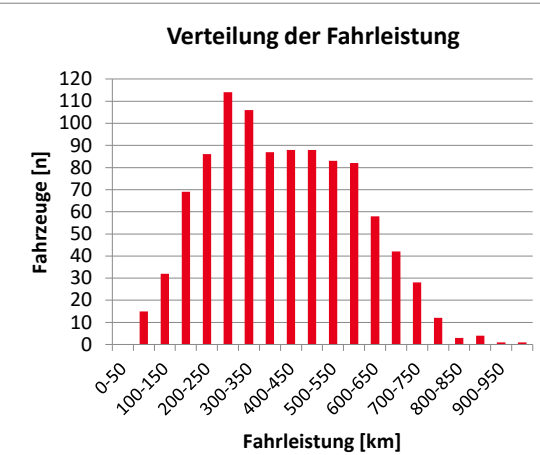
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 5.5 G 3.1: ~ 35 % Nachfrage 4-Sitzer (2012)

G3-1_2012_1

	Modal	max Umwegfaktor	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33411981			
Erwerbstätige	35	1,4	30	5
Schüler	15	1,4	30	5
Auszubildende	50	1,4	30	5
Rentner	45	1,4	30	1
Sonstige	40	1,4	30	5

Fahrzeuge:	1000
Anteil 4 Sitzplätze:	100%
Anteil 8 Sitzplätze:	0.0%
Tabelle:	2012_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten



Szenario: G 3.1 2030: Morphologischer Kasten ~ 35 % Nachfrage 4-Sitzer (2030)

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %	~ 75 %		
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: G 3.1 2030 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umweg	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33922723			
Erwerbstätige	35	1,4	30	5
Schüler	15	1,4	30	5
Auszubildende	50	1,4	30	5
Rentner	45	1,4	30	1
Sonstige	40	1,4	30	5

Fahrzeuge:	750
Anteil 4 Sitzplätze:	100%
Anteil 8 Sitzplätze:	0.0%
Tabelle:	2030_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten

Szenario: G 3.1 2030: Ergebnisse ~ 35 % Nachfrage 4-Sitzer (2030)

Szenario	G3.1 2030		
Nachfragerliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	33.766	33.826	33.821
Fahrtanfragen bedient [-]	33.766	33.826	33.820
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	0	1
daraus erreichter Modal Split	33,92%	33,98%	33,98%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,00%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	328.341	331.565	325.862
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	270.568	272.411	269.669
abrechenbare Personenkilometer [km]	476.977	480.866	474.997
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	57.773	59.154	56.192
Anteil Leerkilometer	17,60%	17,84%	17,24%
Anteil abrechenbare Kilometer *	145,27%	145,03%	145,77%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	750	750	750
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	749	748	726
max. Anzahl mit Passagieren [-]	594	614	603
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	438	442	434
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	438	443	449
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	66	77	80
Maximalwert [km]	948	919	930
Mittelwert [km]	437	441	434
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	636	641	633
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	1:20	1:32	1:34
Maximalwert [hh:mm]	19:01	18:21	18:44
Mittelwert [hh:mm]	8:46	8:51	8:42
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	4	5	3
Maximalwert [Passagiere]	109	106	110
Mittelwert [Passagiere]	45	45	45
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	9,72	9,80	9,64
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,13	14,22	14,04

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

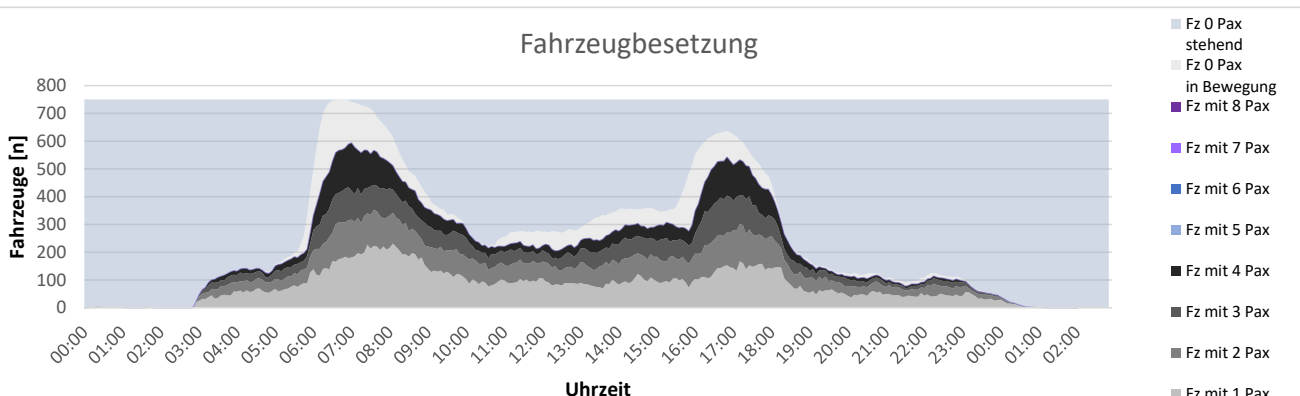
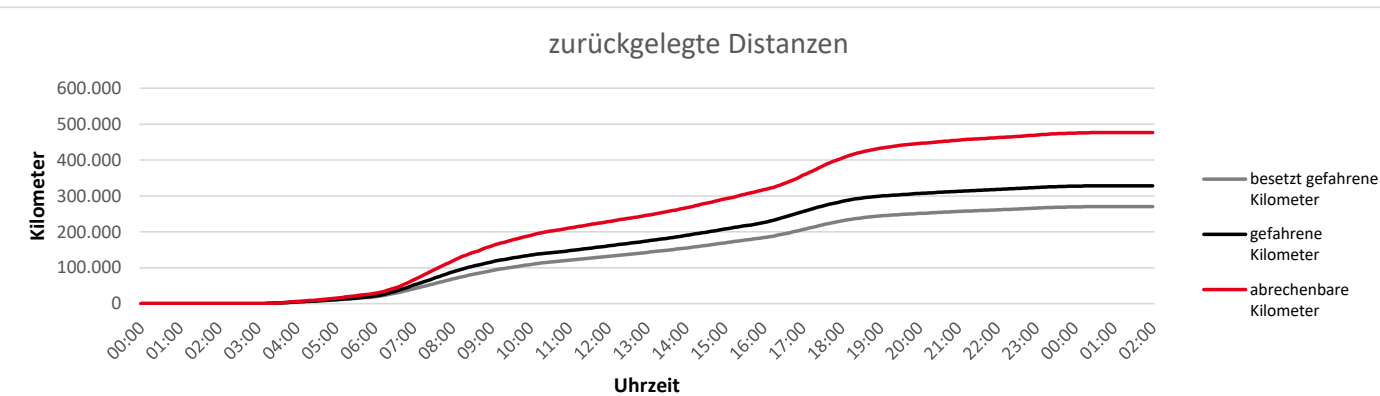
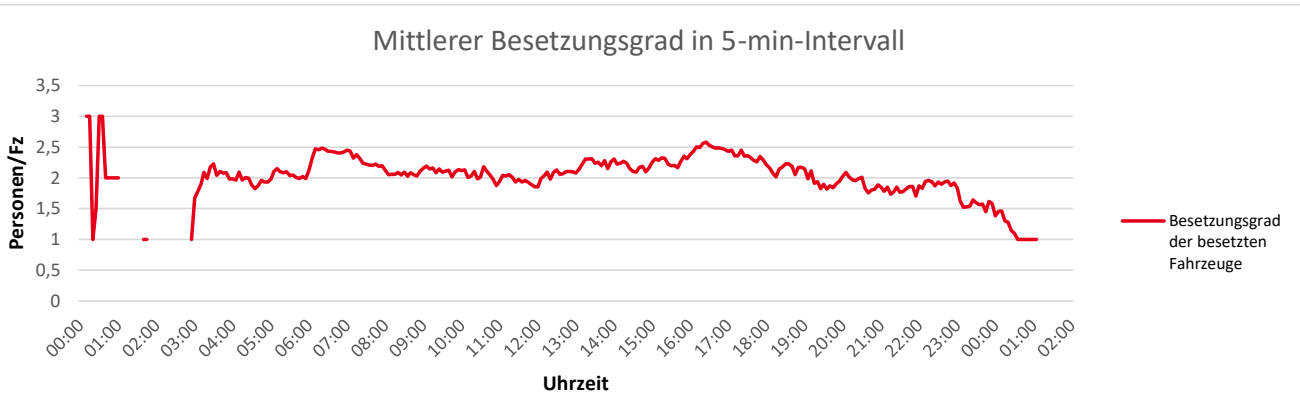
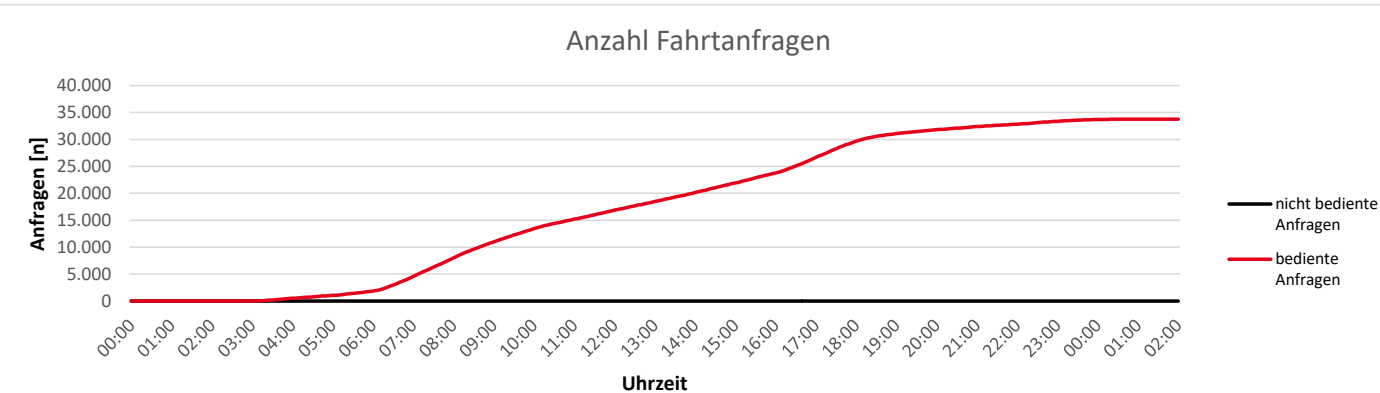
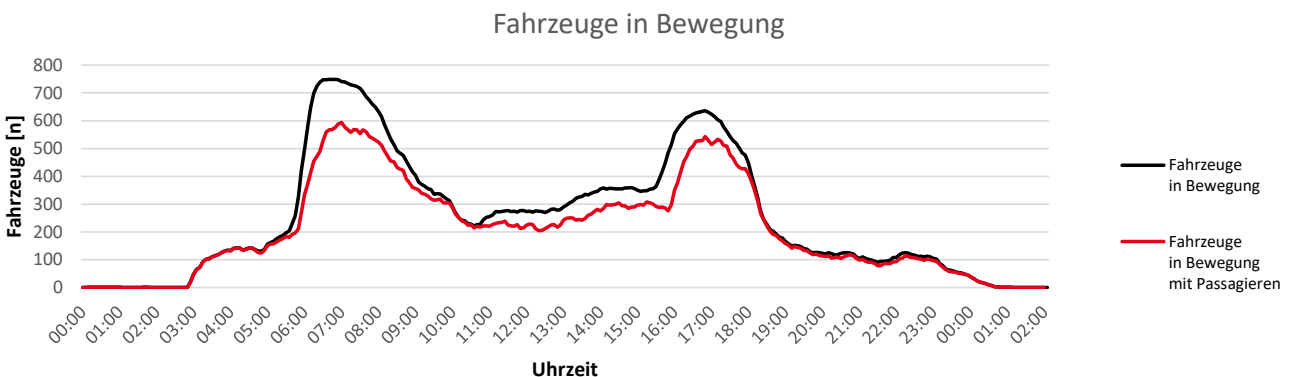
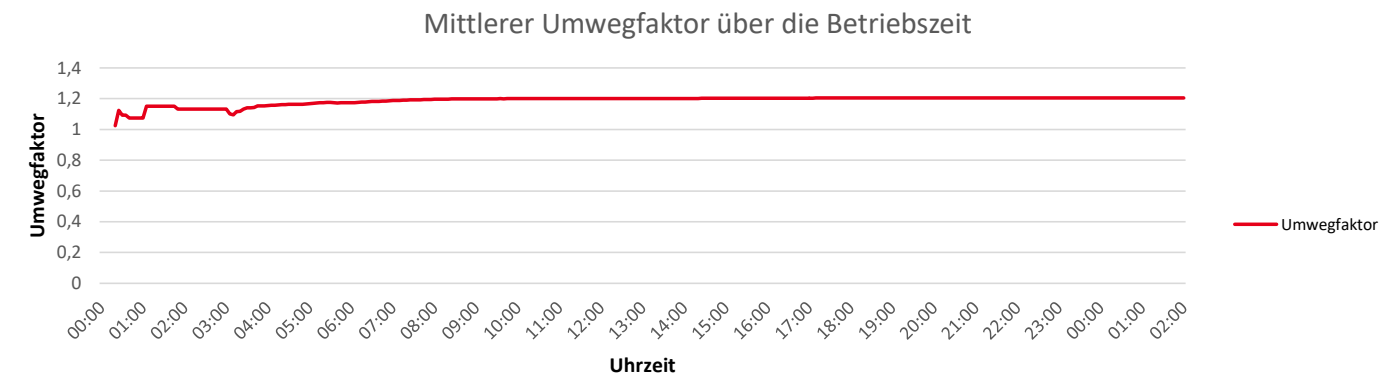
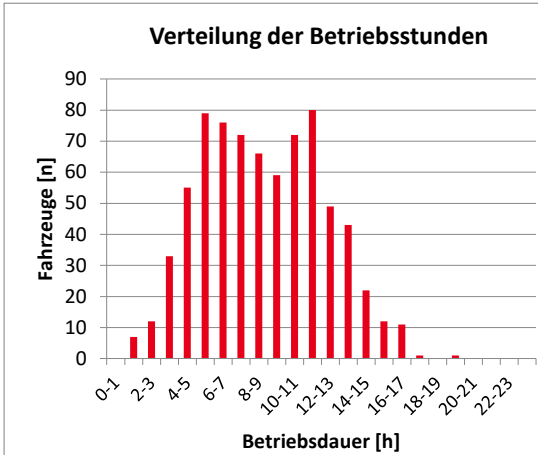
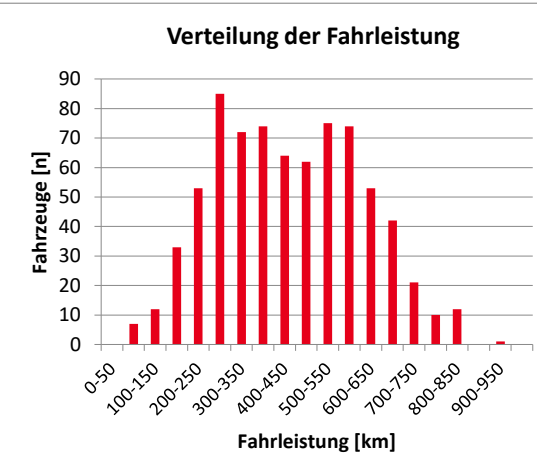
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 5.5 G 3.1: ~ 35 % Nachfrage 4-Sitzer (2030)

G3-1_2030_1

	Modal	max Umwegfaktor	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33922723			
Erwerbstätige	35	1,4	30	5
Schüler	15	1,4	30	5
Auszubildende	50	1,4	30	5
Rentner	45	1,4	30	1
Sonstige	40	1,4	30	5

Fahrzeuge:	750
Anteil 4 Sitzplätze:	100%
Anteil 8 Sitzplätze:	0.0%
Tabelle:	2030_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten



Anhang 5.6 G 3.2: ~ 35 % Nachfrage 8-Sitzer (2012/2030)**Szenario: G 3.2 2012: Morphologischer Kasten ~ 35 % Nachfrage 8-Sitzer (2012)**

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %		~ 75 %	
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: G 3.2 2012 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umweg	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33411981			
Erwerbstätige	35	1,4	30	5
Schüler	15	1,4	30	5
Auszubildende	50	1,4	30	5
Rentner	45	1,4	30	1
Sonstige	40	1,4	30	5

Fahrzeuge:	850
Anteil 4 Sitzplätze:	0%
Anteil 8 Sitzplätze:	100.0%
Tabelle:	2012_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum:	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten

Szenario: G 3.2 2012: Ergebnisse ~ 35 % Nachfrage 8-Sitzer (2012)

Szenario	G3.2 2012		
Nachfragerliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	42.200	42.501	42.612
Fahrtanfragen bedient [-]	42.200	42.501	42.610
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	0	2
daraus erreichter Modal Split	33,41%	33,65%	33,74%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,00%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	361.172	360.977	368.126
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	298.493	299.161	301.889
abrechenbare Personenkilometer [km]	618.283	621.295	626.338
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	62.679	61.815	66.237
Anteil Leerkilometer	17,35%	17,12%	17,99%
Anteil abrechenbare Kilometer *	171,19%	172,12%	170,14%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	850	850	850
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	841	845	831
max. Anzahl mit Passagieren [-]	675	681	687
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	425	425	433
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	429	427	443
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	74	80	65
Maximalwert [km]	894	945	946
Mittelwert [km]	425	424	433
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	727	731	737
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	1:29	1:35	1:18
Maximalwert [hh:mm]	17:56	19:00	19:02
Mittelwert [hh:mm]	8:31	8:30	8:41
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	3	3	4
Maximalwert [Passagiere]	112	118	117
Mittelwert [Passagiere]	50	50	50
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	8,56	8,49	8,64
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,65	14,62	14,70

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

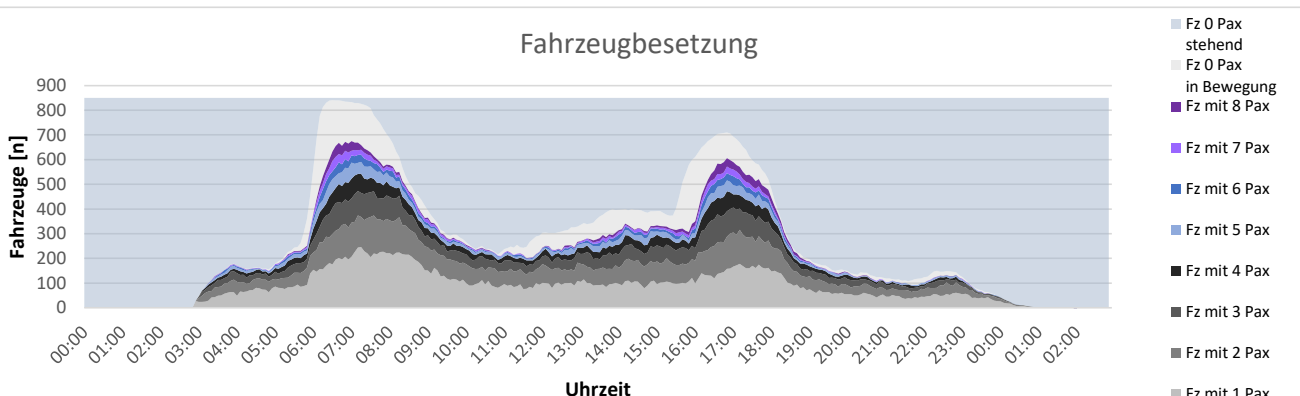
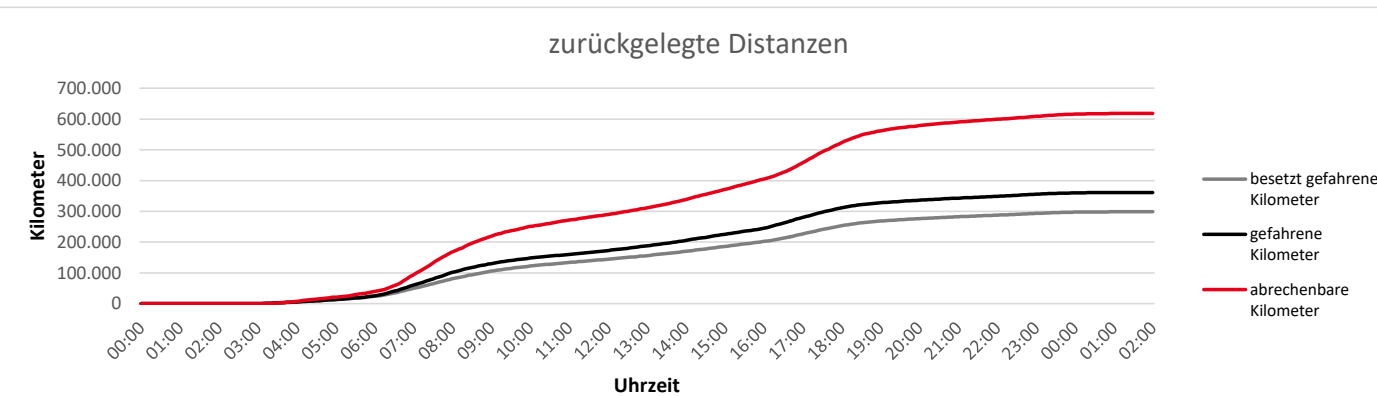
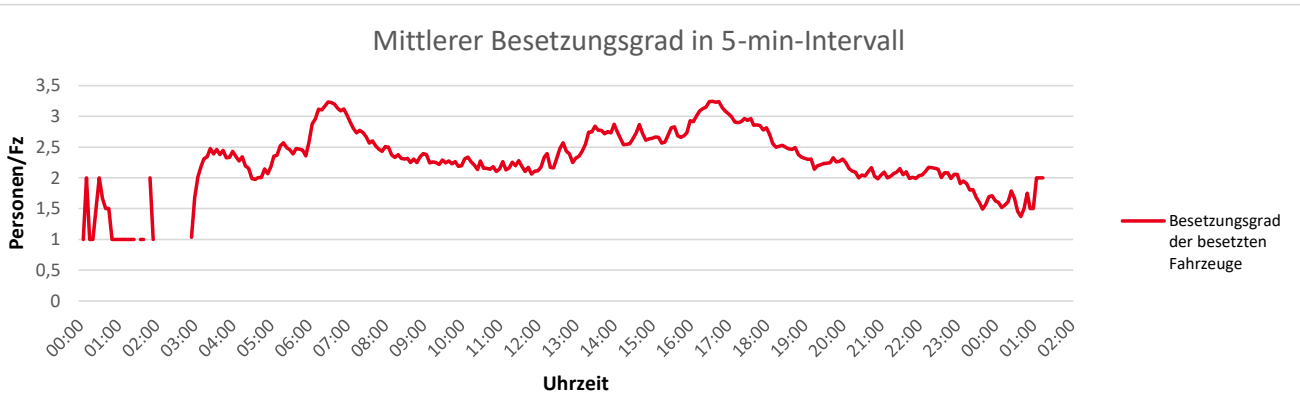
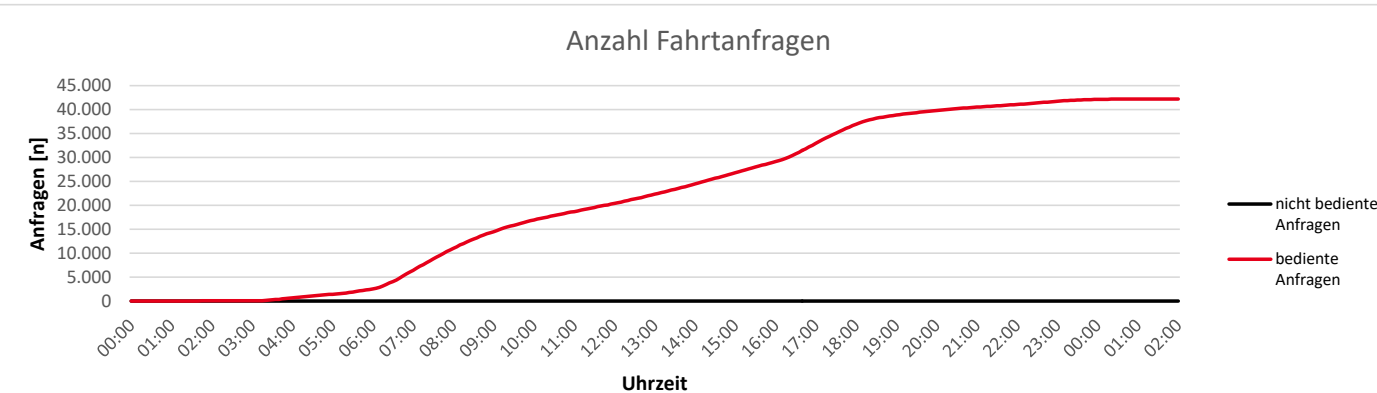
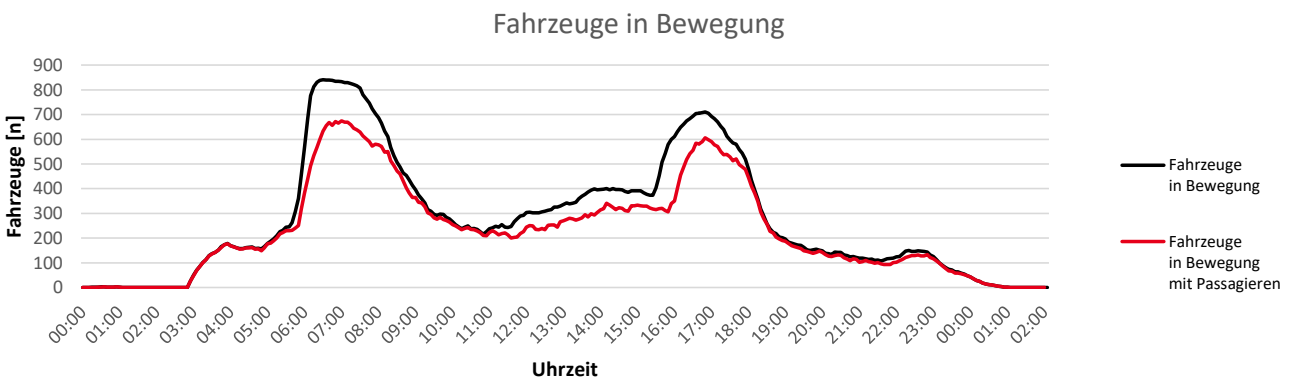
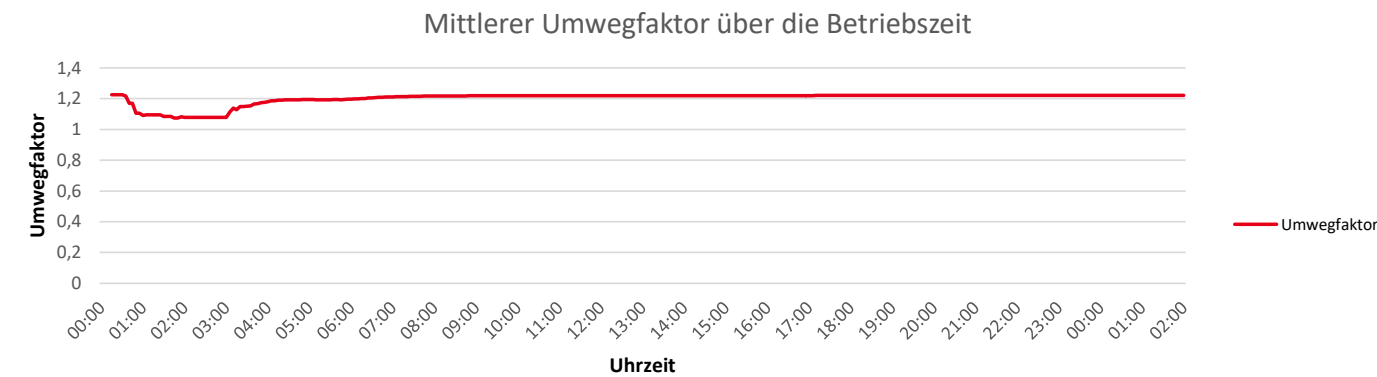
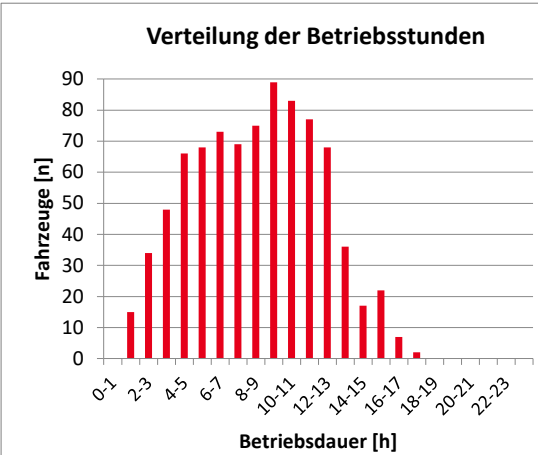
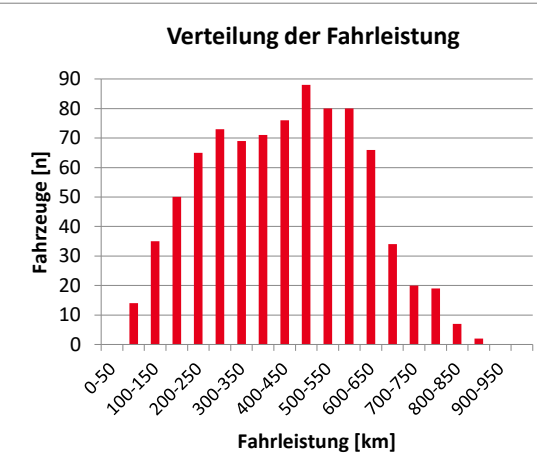
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 5.6 G 3.2: ~ 35 % Nachfrage 8-Sitzer (2012)

G3-2_2012_1

	Modal	max Umwegfaktor	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33411981			
Erwerbstätige	35	1,4	30	5
Schüler	15	1,4	30	5
Auszubildende	50	1,4	30	5
Rentner	45	1,4	30	1
Sonstige	40	1,4	30	5

Fahrzeuge: 850
Anteil 4 Sitzplätze: 0%
Anteil 8 Sitzplätze: 100.0%
Tabelle: 2012_1
Comparator: max. Effizienz
Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite: 2000 Kilometer
Pausendauer: 0 Minuten



Szenario: G 3.2 2030: Morphologischer Kasten ~ 35 % Nachfrage 8-Sitzer (2030)

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %		~ 75 %	
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: G 3.2 2030 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umweg	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33922723			
Erwerbstätige	35	1,4	30	5
Schüler	15	1,4	30	5
Auszubildende	50	1,4	30	5
Rentner	45	1,4	30	1
Sonstige	40	1,4	30	5

Fahrzeuge:	675
Anteil 4 Sitzplätze:	0%
Anteil 8 Sitzplätze:	100.0%
Tabelle:	2030_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten

Szenario: G 3.2 2030: Ergebnisse ~ 35 % Nachfrage 8-Sitzer (2030)

Szenario	G3.2 2030		
Nachfrageliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	42.200	42.501	42.612
Fahrtanfragen bedient [-]	42.200	42.501	42.610
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	0	2
daraus erreichter Modal Split	33,41%	33,65%	33,74%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,00%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	361.172	360.977	368.126
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	298.493	299.161	301.889
abrechenbare Personenkilometer [km]	618.283	621.295	626.338
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	62.679	61.815	66.237
Anteil Leerkilometer	17,35%	17,12%	17,99%
Anteil abrechenbare Kilometer *	171,19%	172,12%	170,14%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	850	850	850
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	841	845	831
max. Anzahl mit Passagieren [-]	675	681	687
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	425	425	433
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	429	427	443
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	74	80	65
Maximalwert [km]	894	945	946
Mittelwert [km]	425	424	433
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	727	731	737
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	1:29	1:35	1:18
Maximalwert [hh:mm]	17:56	19:00	19:02
Mittelwert [hh:mm]	8:31	8:30	8:41
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	3	3	4
Maximalwert [Passagiere]	112	118	117
Mittelwert [Passagiere]	50	50	50
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	8,56	8,49	8,64
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,65	14,62	14,70

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

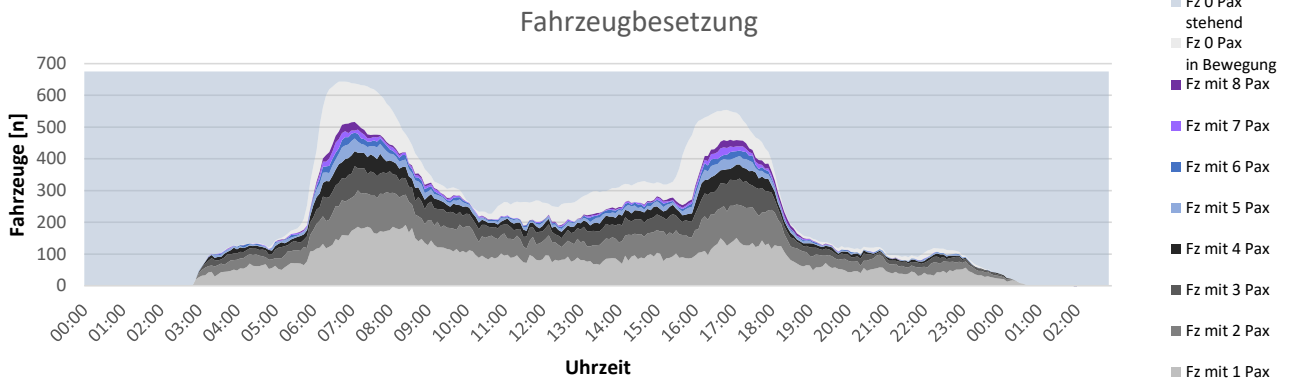
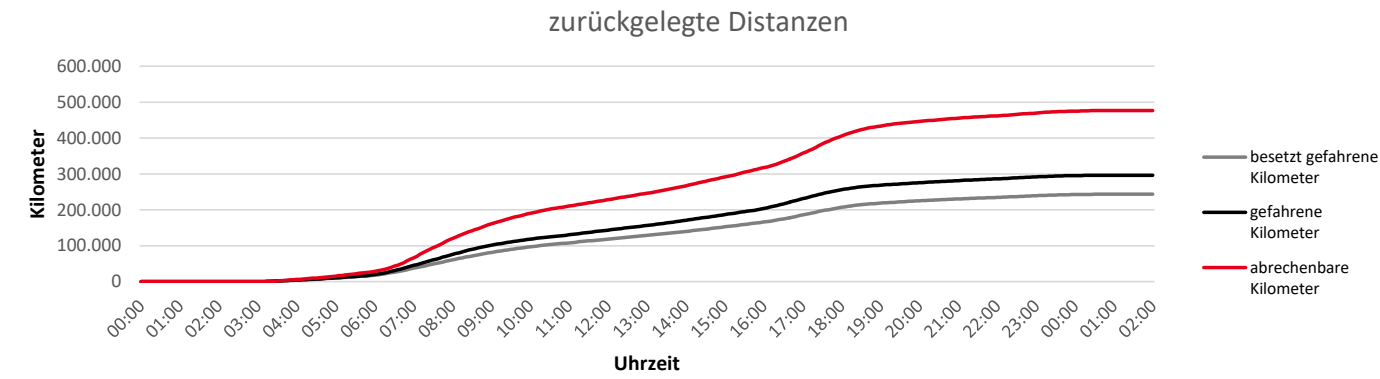
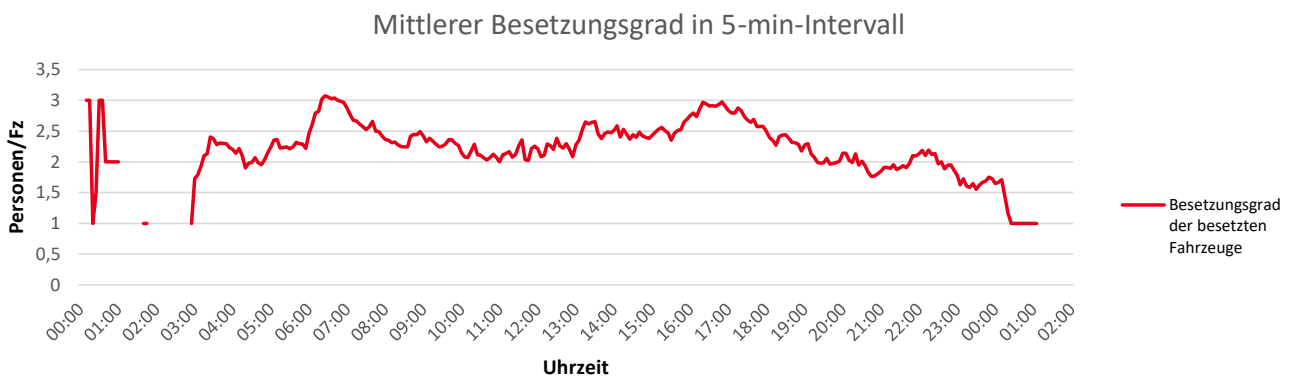
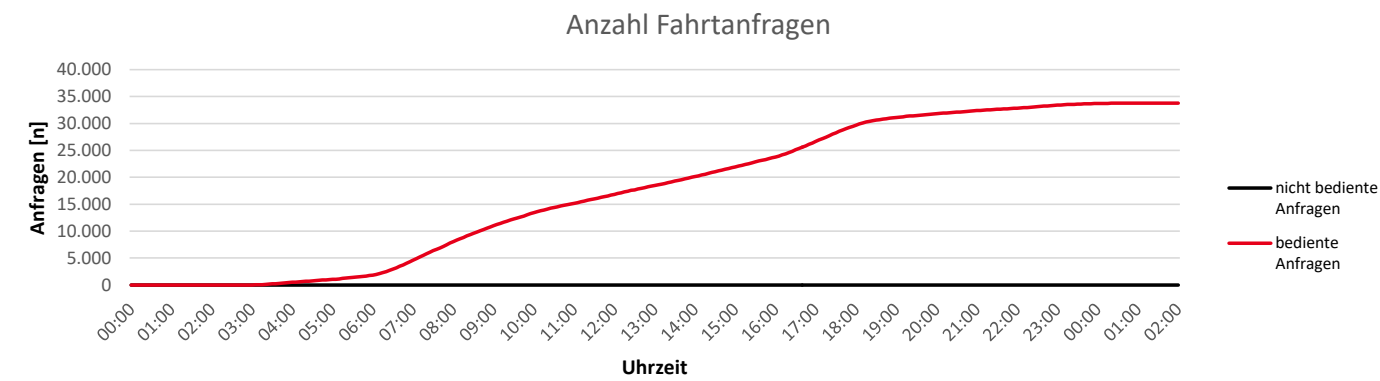
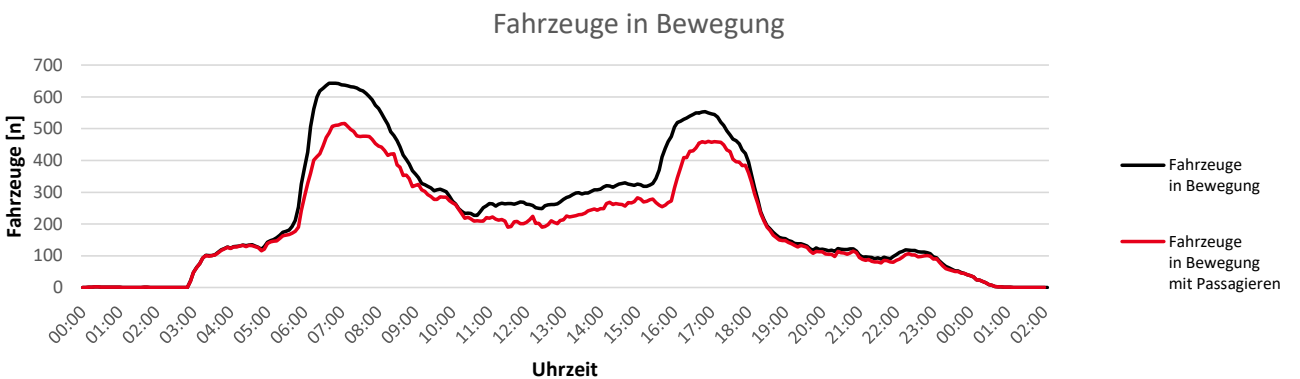
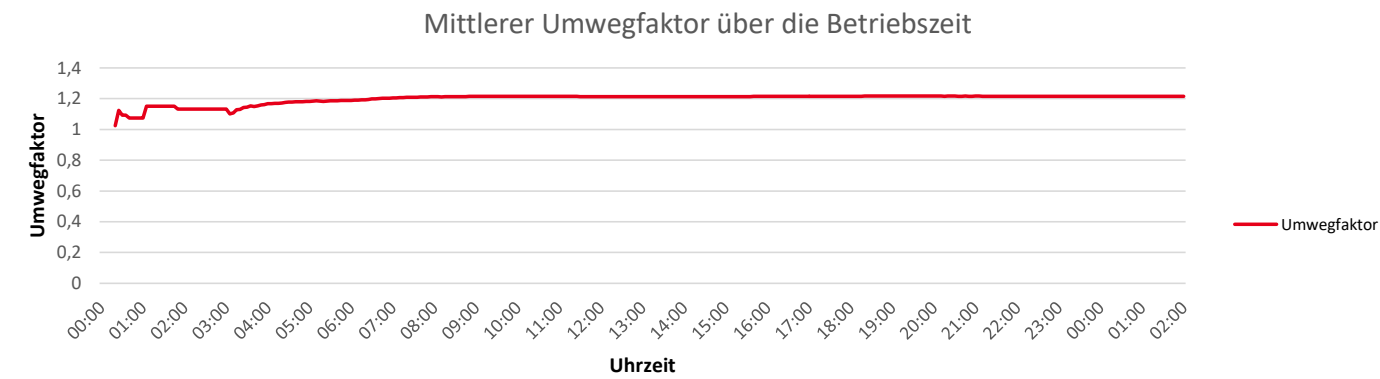
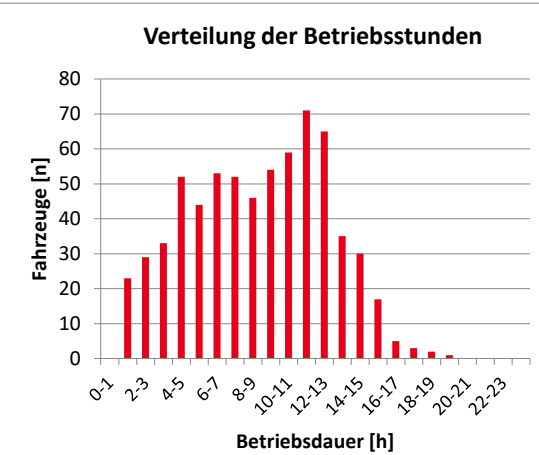
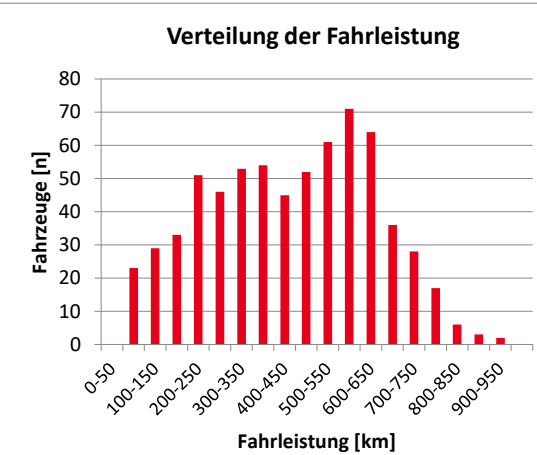
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 5.6 G 3.2: ~ 35 % Nachfrage 8-Sitzer (2030)

G3-2_2030_1

	Modal	max Umwegfaktor	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33922723			
Erwerbstätige	35	1,4	30	5
Schüler	15	1,4	30	5
Auszubildende	50	1,4	30	5
Rentner	45	1,4	30	1
Sonstige	40	1,4	30	5

Fahrzeuge: 675
Anteil 4 Sitzplätze: 0%
Anteil 8 Sitzplätze: 100.0%
Tabelle: 2030_1
Comparator: max. Effizienz
Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite: 2000 Kilometer
Pausendauer: 0 Minuten



Anhang 5.7 G 4.1: ~ 75 % Nachfrage 4-Sitzer (2012/2030)**Szenario: G 4.1 2012: Morphologischer Kasten ~ 75 % Nachfrage 4-Sitzer (2012)**

Szenario	Vorbereitung		Grundscenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %	~ 75 %		
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: G 4.1 2012 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umwegfaktor	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,73989327			
Erwerbstätige	75	1,4	30	5
Schüler	75	1,4	30	5
Auszubildende	75	1,4	30	5
Rentner	75	1,4	30	1
Sonstige	75	1,4	30	5

Fahrzeuge: 1950
 Anteil 4 Sitzplätze: 100%
 Anteil 8 Sitzplätze: 0.0%
 Tabelle: 2012_1
 Comparator: max. Effizienz
 Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
 Reichweite: 2000 Kilometer
 Pausendauer: 0 Minuten

Szenario: G 4.1 2012: Ergebnisse ~ 75 % Nachfrage 4-Sitzer (2012)

Szenario	G4.1 2012		
Nachfrageliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	93.600	93.587	93.601
Fahrtanfragen bedient [-]	93.597	93.581	93.596
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	3	6	5
daraus erreichter Modal Split	74,11%	74,10%	74,11%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,01%	0,01%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	827.979	829.894	828.423
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	693.613	693.742	694.899
abrechenbare Personenkilometer [km]	1.365.163	1.364.795	1.365.274
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	134.366	136.152	133.524
Anteil Leerkilometer	16,23%	16,41%	16,12%
Anteil abrechenbare Kilometer *	164,88%	164,45%	164,80%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	2100	2100	2100
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	2064	2096	2085
max. Anzahl mit Passagieren [-]	1682	1718	1700
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	394	395	394
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	401	396	397
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	119	108	117
Maximalwert [km]	949	952	948
Mittelwert [km]	428	424	428
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	650	650	650
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	2:21	2:09	2:21
Maximalwert [hh:mm]	19:02	19:09	18:59
Mittelwert [hh:mm]	8:35	8:30	8:35
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	8	11	9
Maximalwert [Passagiere]	125	112	112
Mittelwert [Passagiere]	48	48	48
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	8,85	8,87	8,85
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,59	14,58	14,59

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

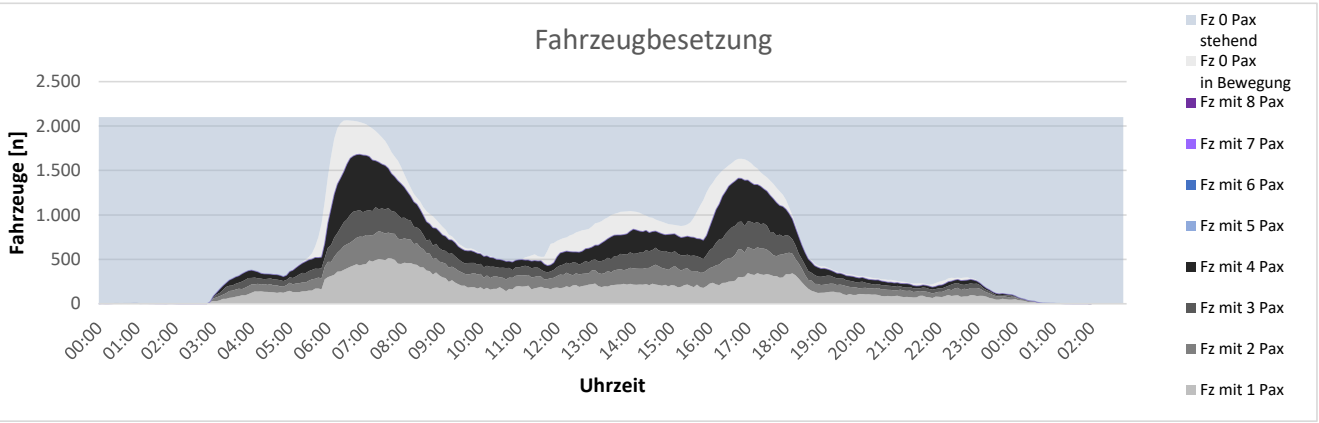
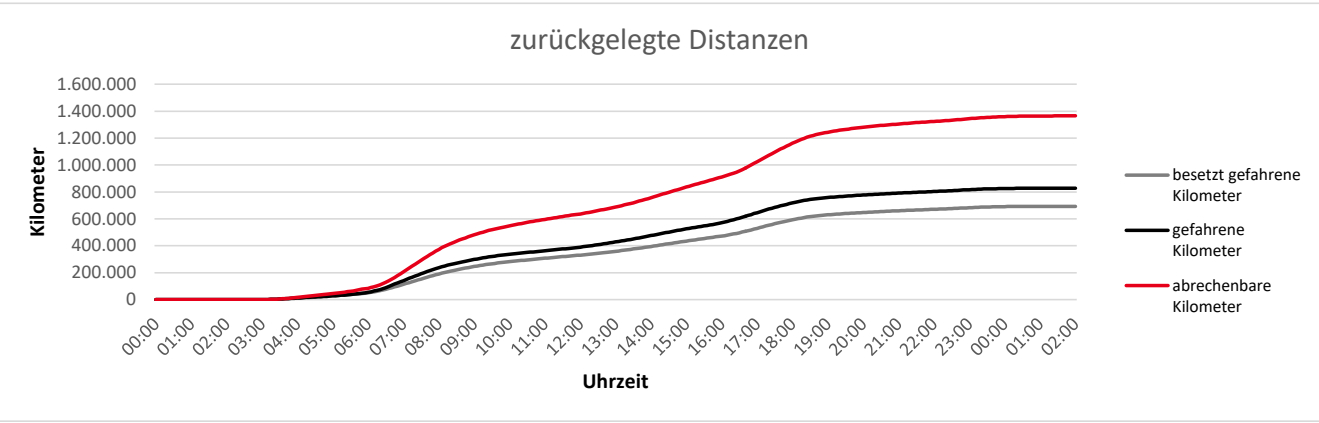
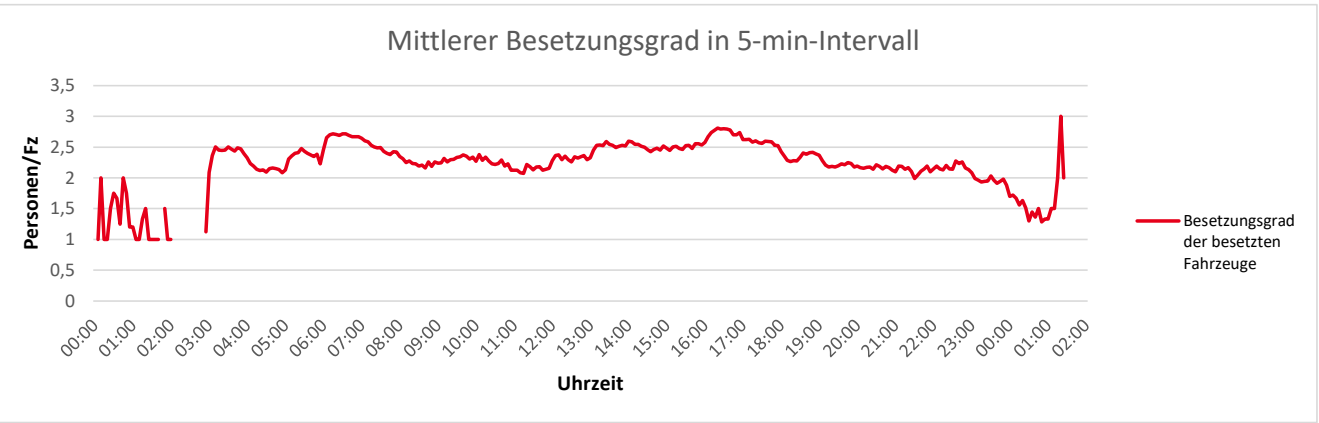
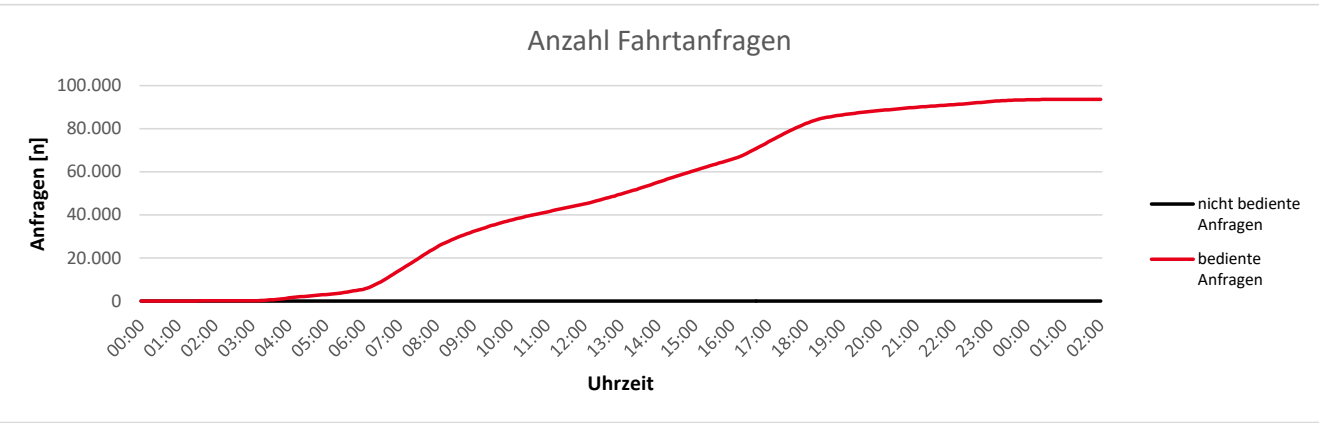
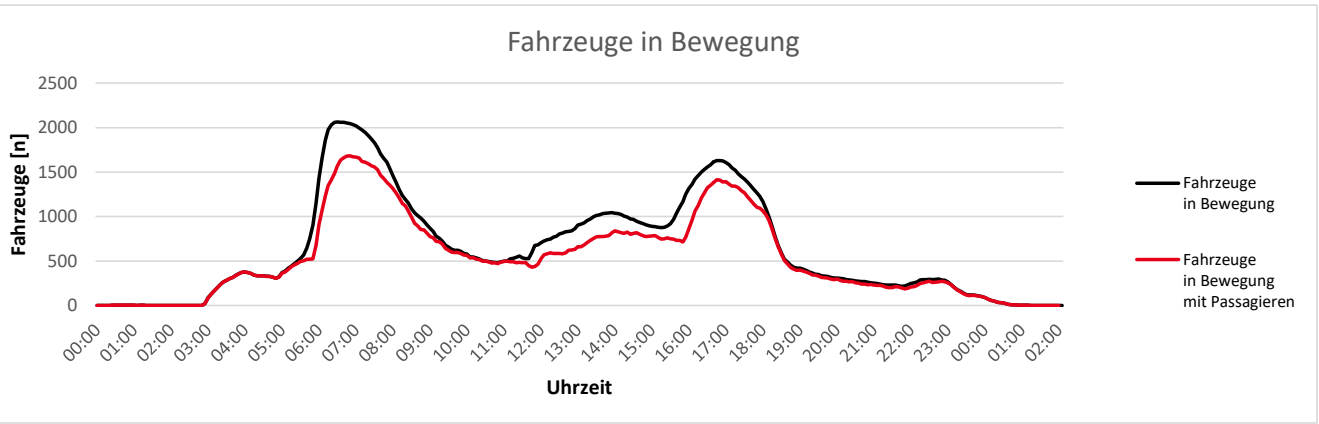
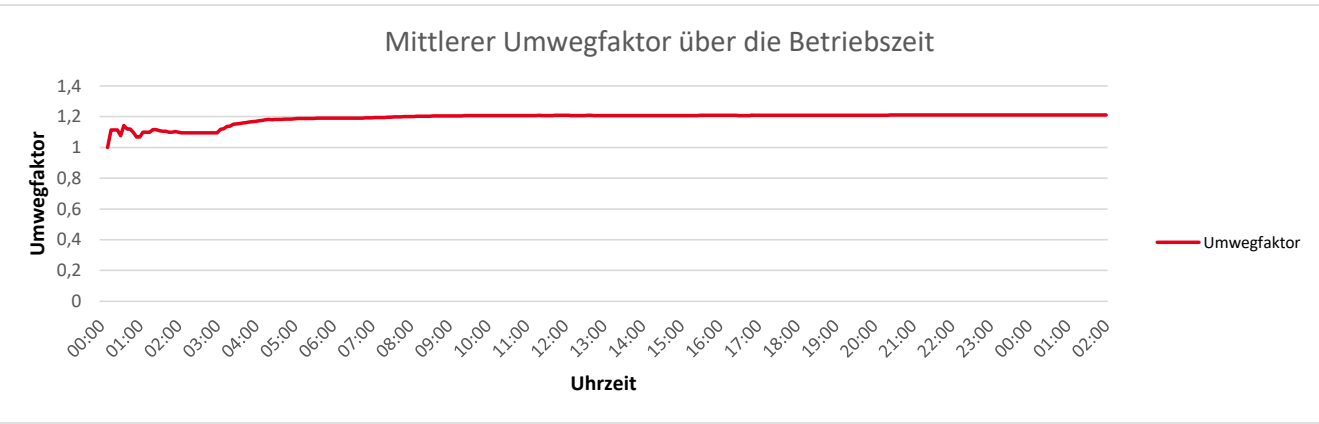
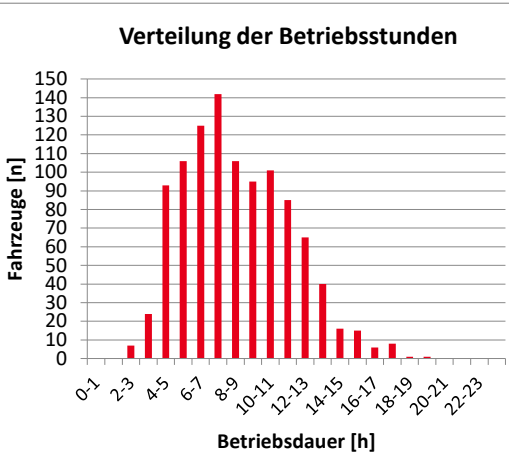
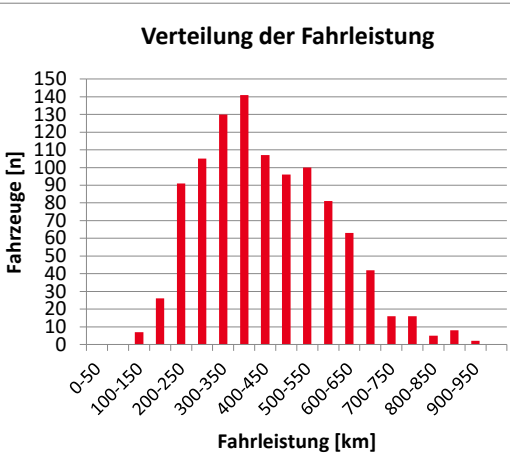
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 5.7 G 4.1: ~ 75 % Nachfrage 4-Sitzer (2012)

G4-1_2012_1

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,7410809			
Erwerbstätige	75	1,4	30	5
Schüler	75	1,4	30	5
Auszubildende	75	1,4	30	5
Rentner	75	1,4	30	1
Sonstige	75	1,4	30	5

Fahrzeuge:	2100
Anteil 4 Sitzplätze:	100%
Anteil 8 Sitzplätze:	0.0%
Tabelle:	2012_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten



Szenario: G 4.1 2030: Morphologischer Kasten ~ 75 % Nachfrage 4-Sitzer (2030)

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %	~ 75 %		
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: G 4.1 2030 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umweg	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,74885973			
Erwerbstätige	75	1,4	30	5
Schüler	75	1,4	30	5
Auszubildende	75	1,4	30	5
Rentner	75	1,4	30	1
Sonstige	75	1,4	30	5

Fahrzeuge:	1250
Anteil 4 Sitzplätze:	0%
Anteil 8 Sitzplätze:	100.0%
Tabelle:	2030_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten

Szenario: G 4.1 2030: Ergebnisse ~ 75 % Nachfrage 4-Sitzer (2030)

Szenario	G4.1 2030		
Nachfrageliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	74.540	74.541	74.607
Fahrtanfragen bedient [-]	74.540	74.538	74.605
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	3	2
daraus erreichter Modal Split	74,89%	74,89%	74,95%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,00%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	660.921	657.075	662.369
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	551.522	550.011	550.732
abrechenbare Personenkilometer [km]	1.051.202	1.051.778	1.052.265
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	109.399	107.064	111.637
Anteil Leerkilometer	16,55%	16,29%	16,85%
Anteil abrechenbare Kilometer *	159,05%	160,07%	158,86%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	1575	1575	1575
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	1541	1519	1537
max. Anzahl mit Passagieren [-]	1281	1261	1260
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	420	417	421
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	429	433	431
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	119	88	128
Maximalwert [km]	951	945	889
Mittelwert [km]	443	450	449
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	667	668	668
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	2:24	1:44	2:34
Maximalwert [hh:mm]	19:14	18:52	17:50
Mittelwert [hh:mm]	8:53	9:02	9:00
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	6	6	10
Maximalwert [Passagiere]	117	119	119
Mittelwert [Passagiere]	50	51	50
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	8,87	8,82	8,88
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,10	14,11	14,10

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

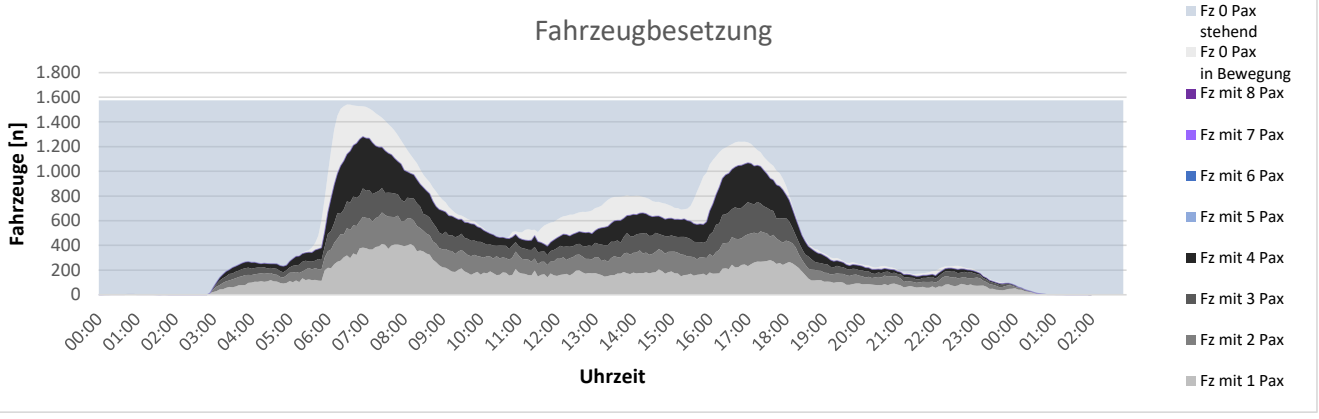
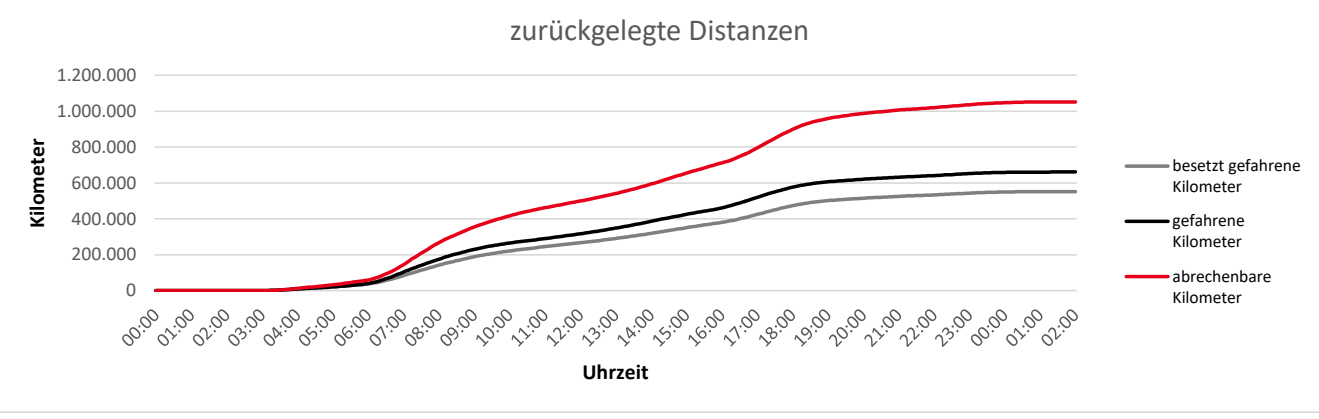
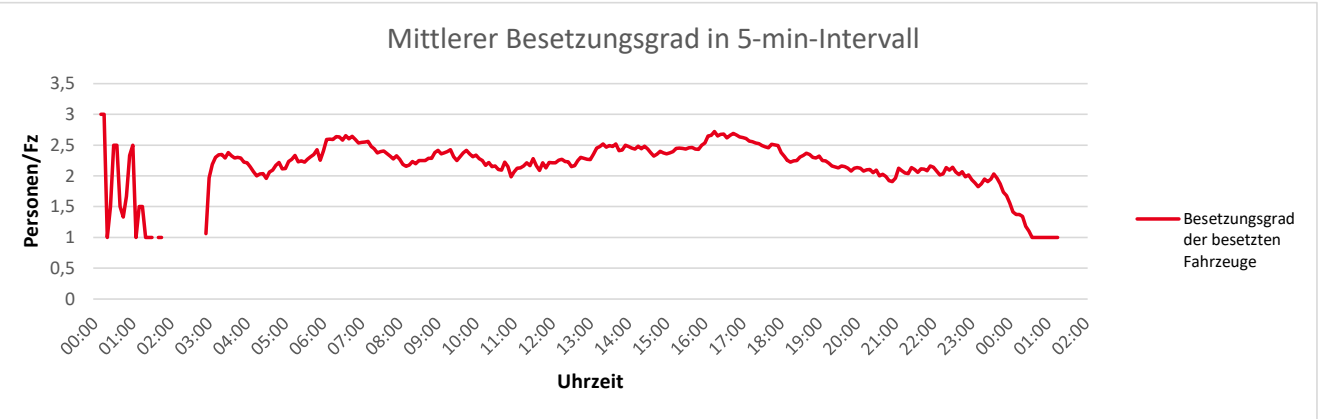
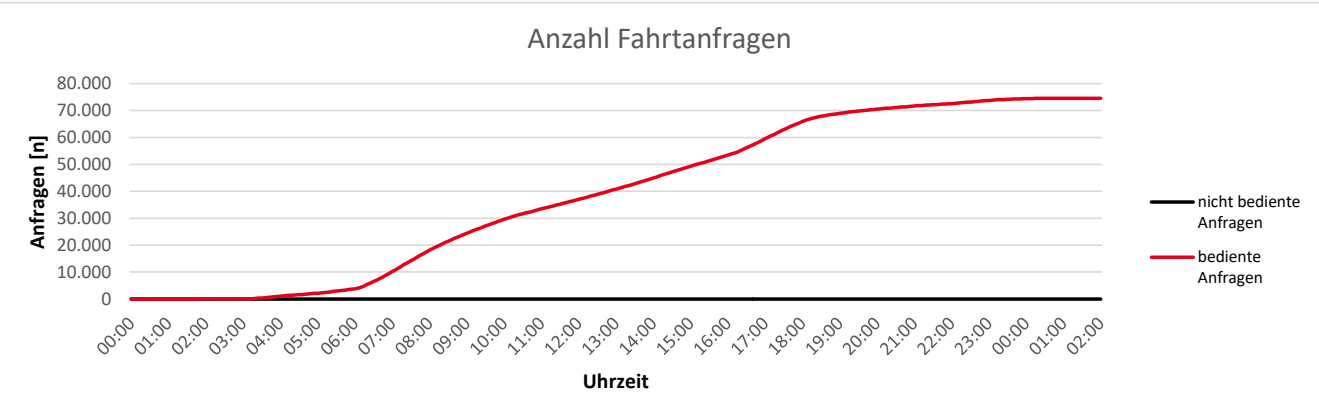
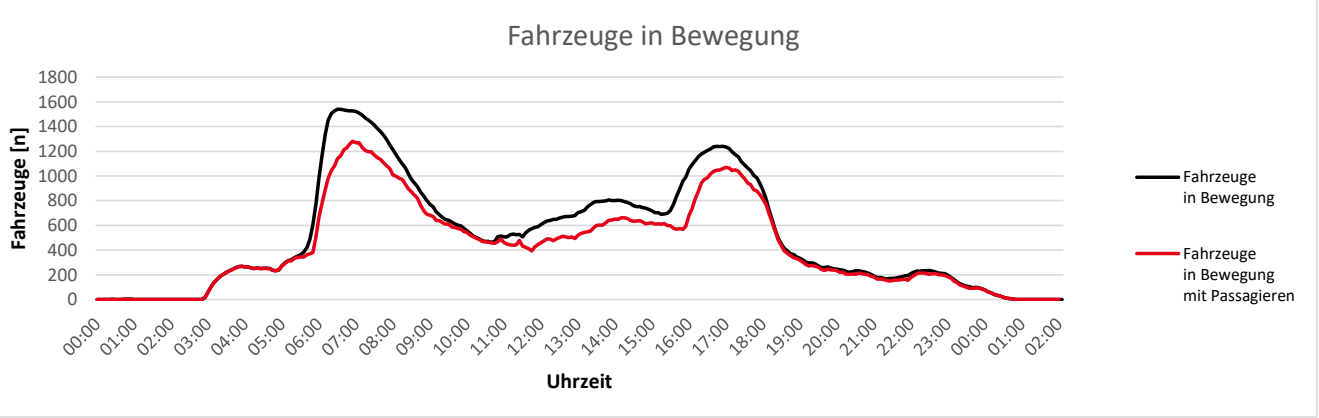
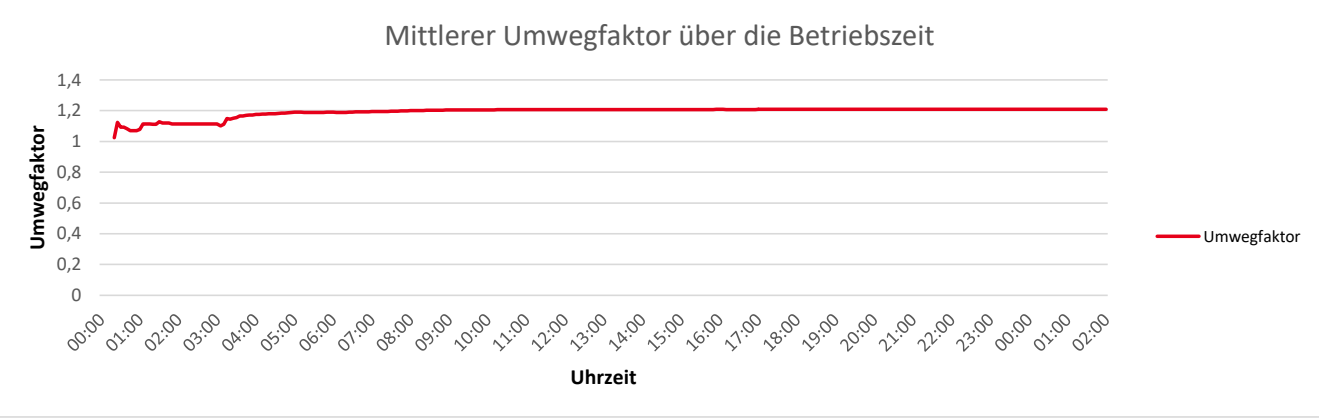
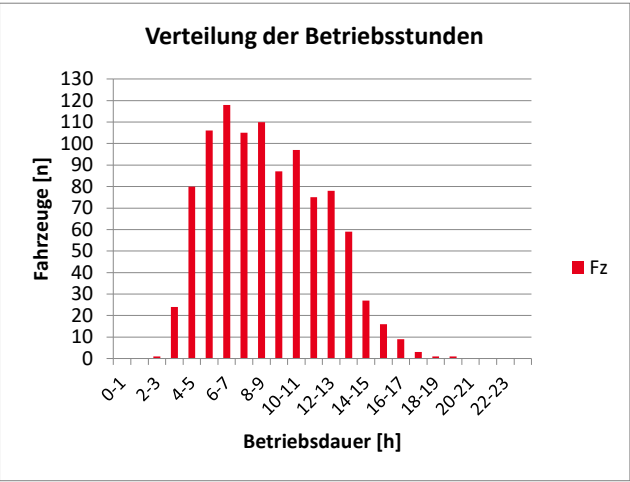
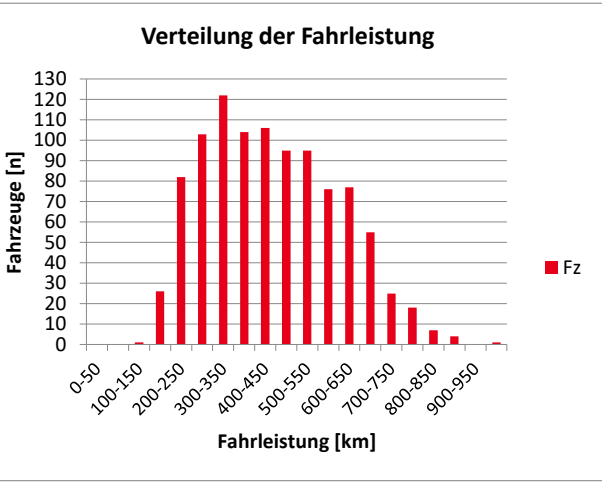
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 5.7 G 4.1: ~ 75 % Nachfrage 4-Sitzer (2030)

G4-1_2030_1

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,74885973			
Erwerbstätige	75	1,4	30	5
Schüler	75	1,4	30	5
Auszubildende	75	1,4	30	5
Rentner	75	1,4	30	1
Sonstige	75	1,4	30	5

Fahrzeuge:	1575
Anteil 4 Sitzplätze:	100%
Anteil 8 Sitzplätze:	0.0%
Tabelle:	2030_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten



Anhang 5.8 G 4.2: ~ 75 % Nachfrage 8-Sitzer (2012/2030)**Szenario: G 4.2 2012: Morphologischer Kasten ~ 75 % Nachfrage 8-Sitzer (2012)**

Szenario	Vorbereitung		Grundscenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %	~ 75 %		
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: G 4.2 2012 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umweg	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,74885973			
Erwerbstätige	75	1,4	30	5
Schüler	75	1,4	30	5
Auszubildende	75	1,4	30	5
Rentner	75	1,4	30	1
Sonstige	75	1,4	30	5

Fahrzeuge:	1250
Anteil 4 Sitzplätze:	0%
Anteil 8 Sitzplätze:	100.0%
Tabelle:	2030_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten

Szenario: G 4.2 2012: Ergebnisse ~ 75 % Nachfrage 8-Sitzer (2012)

Szenario	G4.2 2012		
Nachfrageliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	93.450	93.437	93.450
Fahrtanfragen bedient [-]	93.447	93.437	93.446
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	3	0	4
daraus erreichter Modal Split	73,99%	73,98%	73,99%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,00%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	688.613	684.966	688.048
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	573.955	570.284	573.331
abrechenbare Personenkilometer [km]	1.363.814	1.363.476	1.363.911
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	114.657	114.681	114.717
Anteil Leerkilometer	16,65%	16,74%	16,67%
Anteil abrechenbare Kilometer *	198,05%	199,06%	198,23%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	1650	1650	1650
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	1581	1633	1612
max. Anzahl mit Passagieren [-]	1308	1357	1344
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	417	415	417
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	436	419	427
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	81	45	101
Maximalwert [km]	1039	940	949
Mittelwert [km]	473	469	469
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	827	826	827
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	1:35	0:54	1:59
Maximalwert [hh:mm]	20:43	18:53	18:59
Mittelwert [hh:mm]	9:29	9:24	9:24
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	7	4	9
Maximalwert [Passagiere]	141	151	143
Mittelwert [Passagiere]	64	64	64
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	7,37	7,33	7,36
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,59	14,59	14,60

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

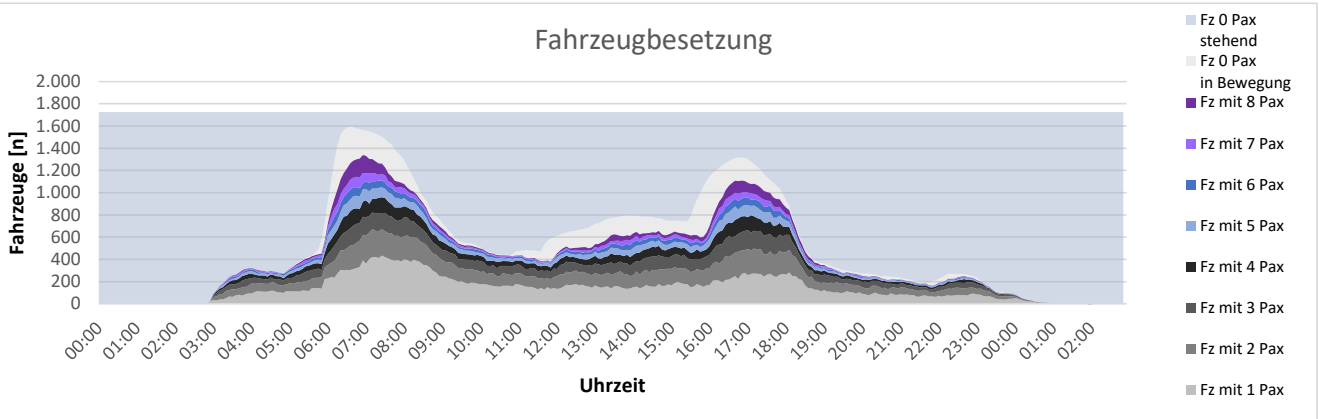
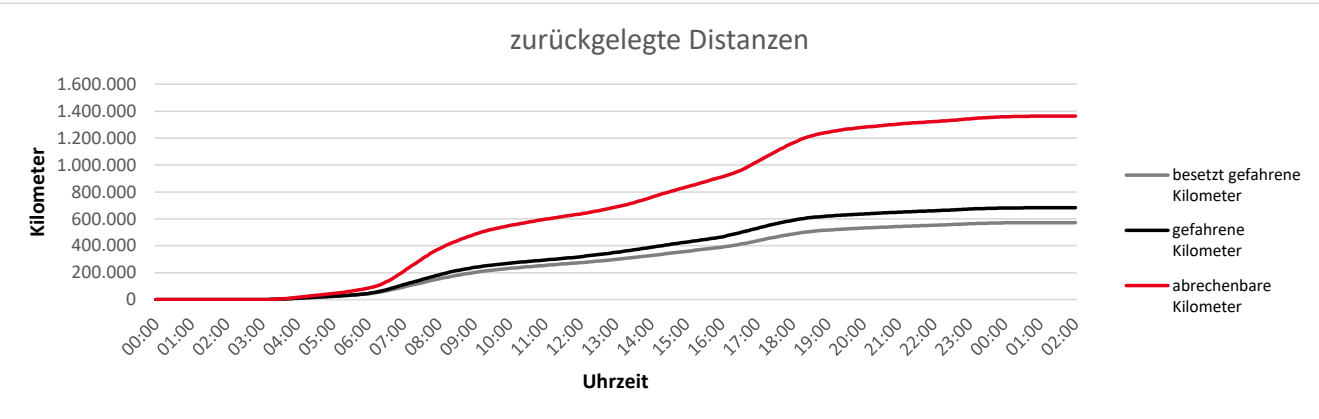
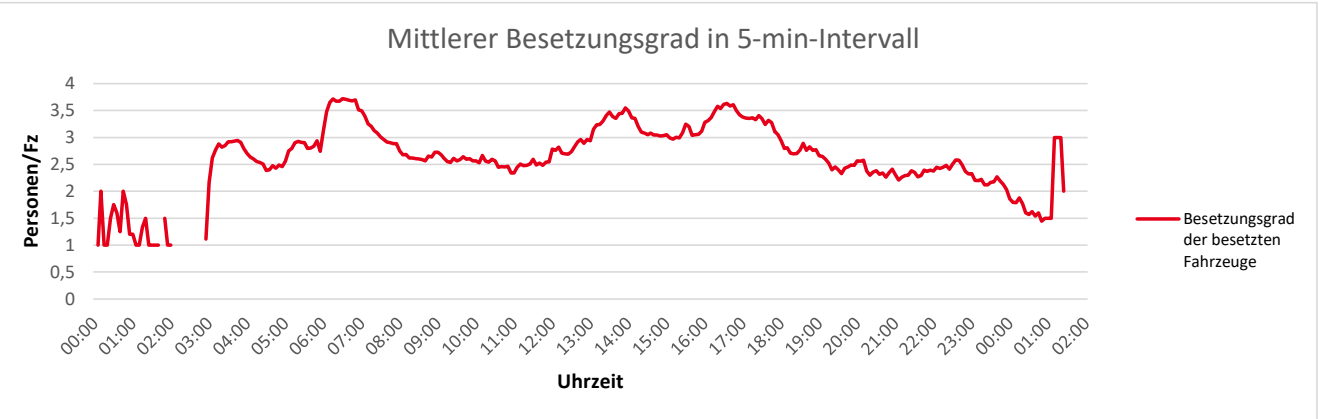
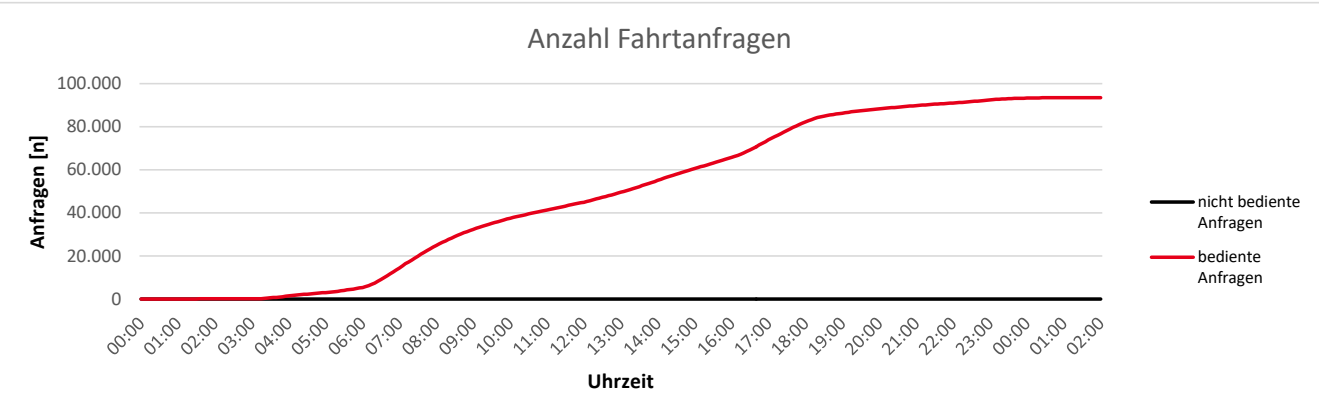
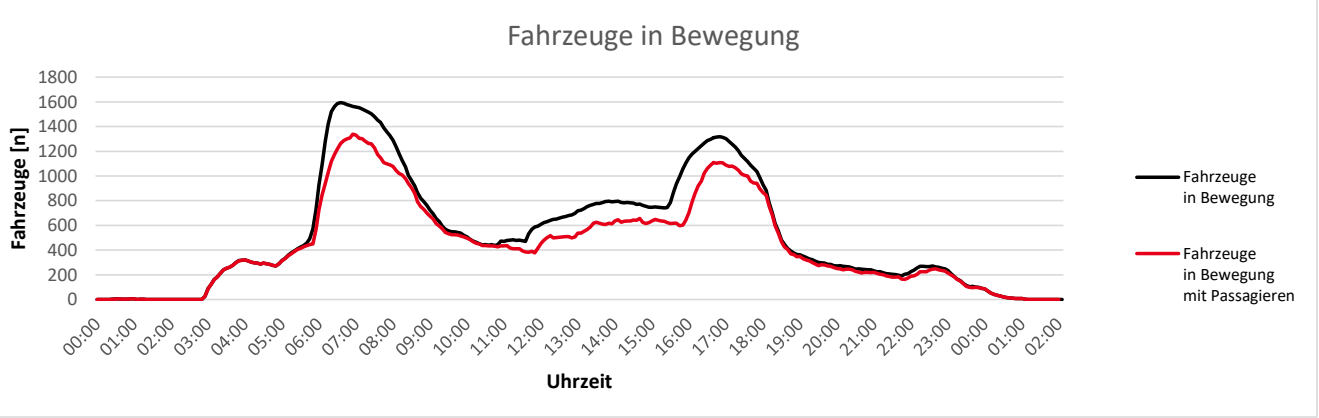
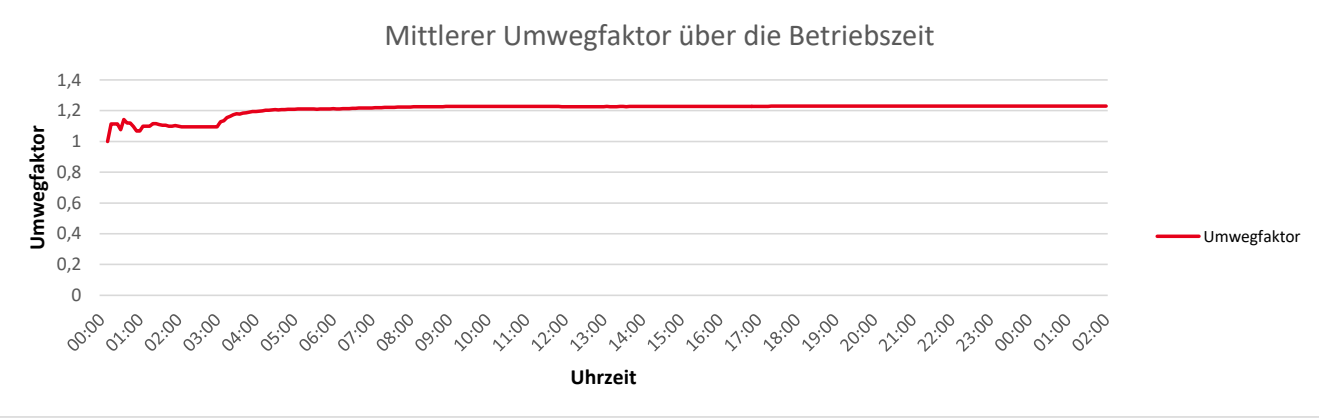
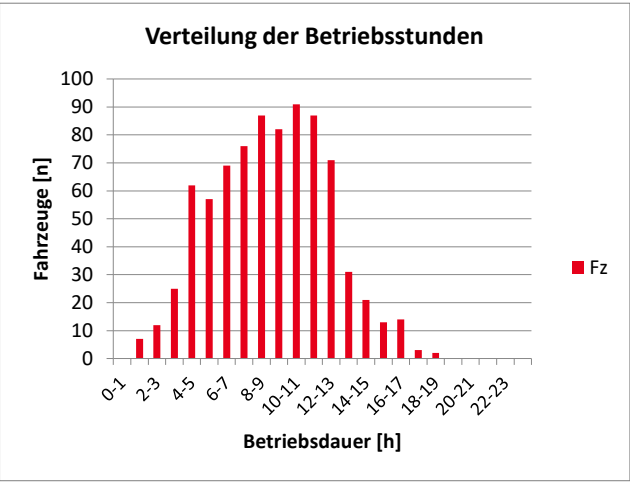
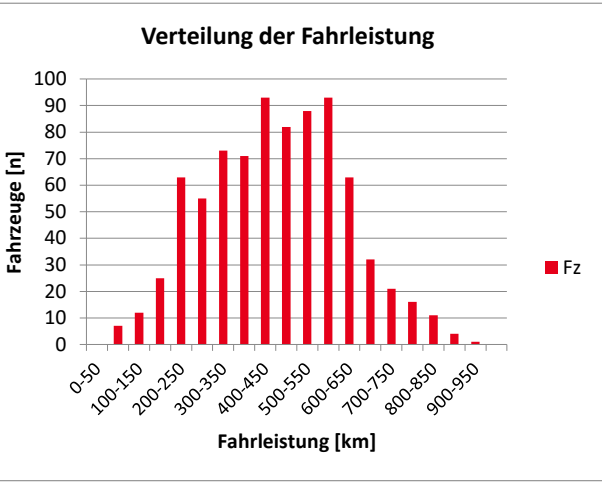
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 5.8 G 4.2: ~ 75 % Nachfrage 8-Sitzer (2012)

G4-2_2012_1

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,73989327			
Erwerbstätige	75	1,4	30	5
Schüler	75	1,4	30	5
Auszubildende	75	1,4	30	5
Rentner	75	1,4	30	1
Sonstige	75	1,4	30	5

Fahrzeuge: 1725
Anteil 4 Sitzplätze: 0%
Anteil 8 Sitzplätze: 100.0%
Tabelle: 2012_1
Comparator: max. Effizienz
Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite: 2000 Kilometer
Pausendauer: 0 Minuten



Szenario: G 4.2 2030: Morphologischer Kasten ~ 75 % Nachfrage 8-Sitzer (2030)

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %	~ 75 %		
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: G 4.2 2030 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umweg	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,74885973			
Erwerbstätige	75	1,4	30	5
Schüler	75	1,4	30	5
Auszubildende	75	1,4	30	5
Rentner	75	1,4	30	1
Sonstige	75	1,4	30	5

Fahrzeuge:	1250
Anteil 4 Sitzplätze:	0%
Anteil 8 Sitzplätze:	100.0%
Tabelle:	2030_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten

Szenario: G 4.2 2030: Ergebnisse ~ 75 % Nachfrage 8-Sitzer (2030)

Szenario	G4.2 2030		
Nachfrageliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	74.540	74.541	74.607
Fahrtanfragen bedient [-]	74.540	74.540	74.607
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	1	0
daraus erreichter Modal Split	74,89%	74,89%	74,95%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,00%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	565.591	563.721	566.911
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	467.188	464.869	467.486
abrechenbare Personenkilometer [km]	1.051.202	1.051.794	1.052.274
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	98.404	98.853	99.425
Anteil Leerkilometer	17,40%	17,54%	17,54%
Anteil abrechenbare Kilometer *	185,86%	186,58%	185,62%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	1250	1250	1250
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	1244	1249	1241
max. Anzahl mit Passagieren [-]	1049	1043	998
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	452	451	454
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	455	451	457
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	87	62	91
Maximalwert [km]	926	912	892
Mittelwert [km]	483	474	481
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	841	841	842
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	1:44	1:15	1:50
Maximalwert [hh:mm]	18:38	18:22	18:00
Mittelwert [hh:mm]	9:41	9:30	9:39
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	6	5	6
Maximalwert [Passagiere]	147	133	138
Mittelwert [Passagiere]	63	63	63
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	7,59	7,56	7,60
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,10	14,11	14,10

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

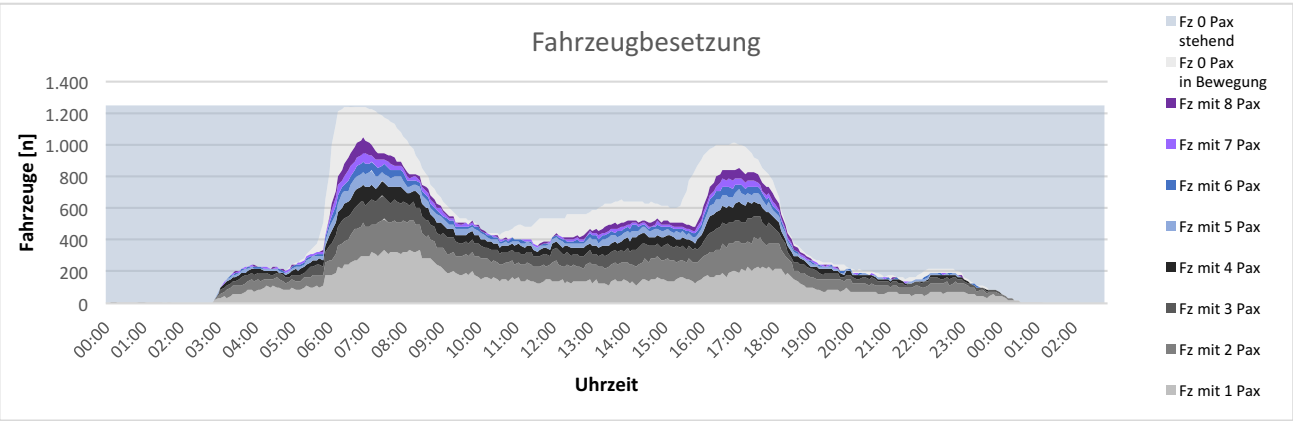
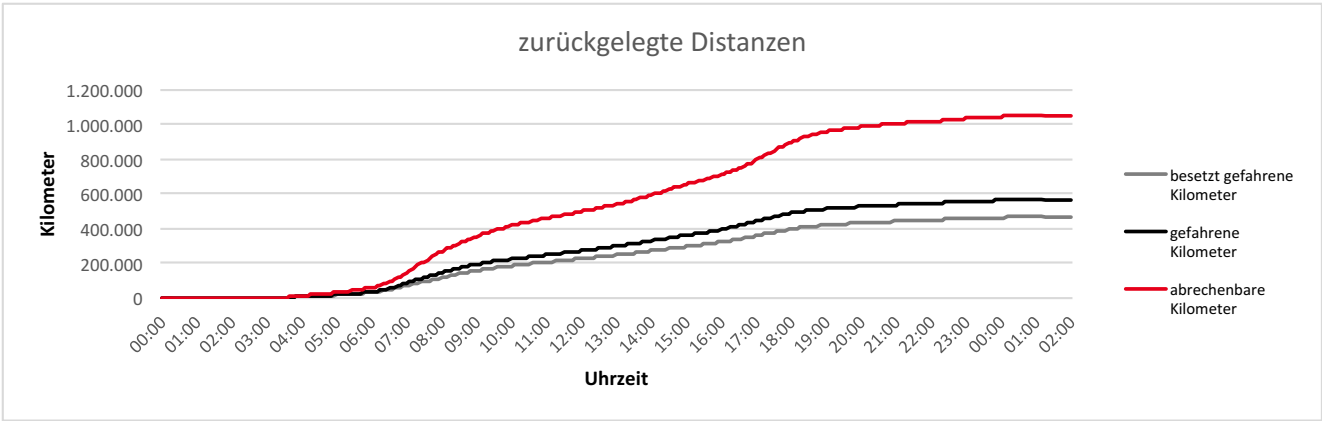
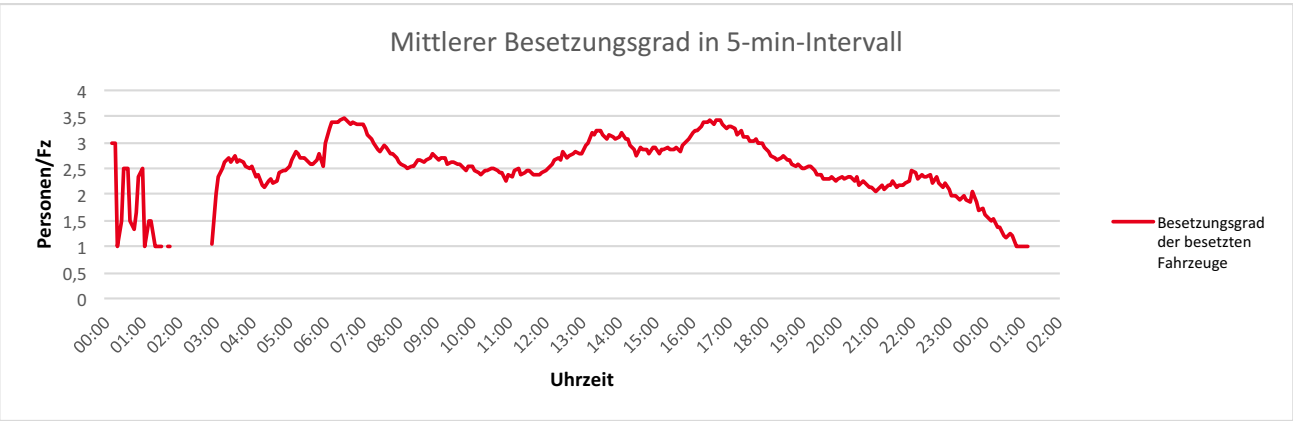
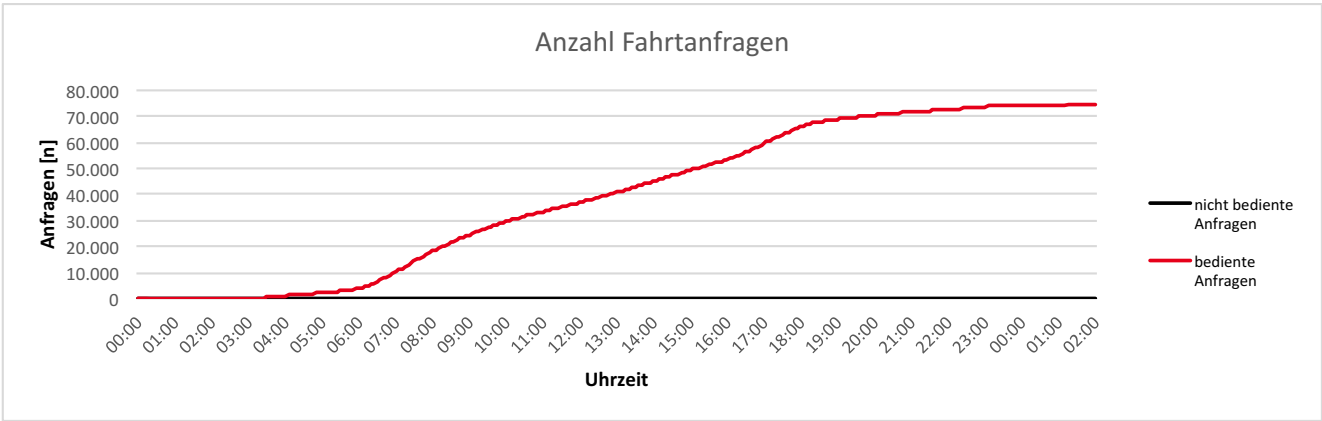
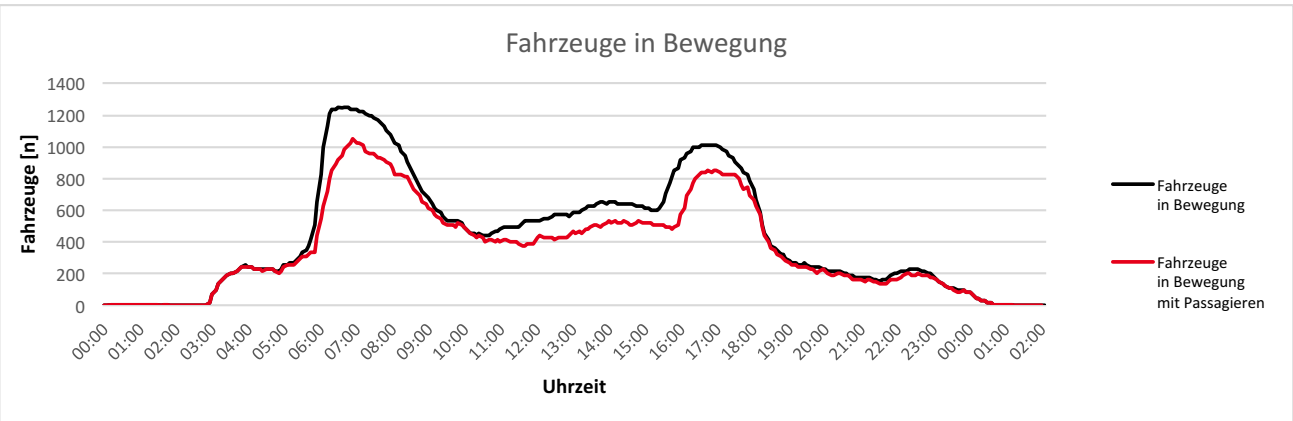
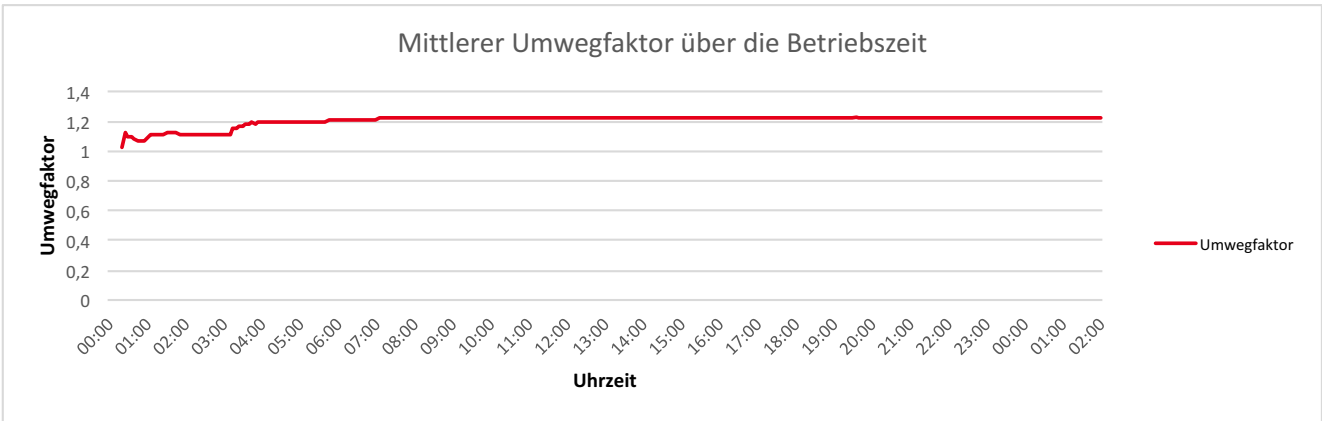
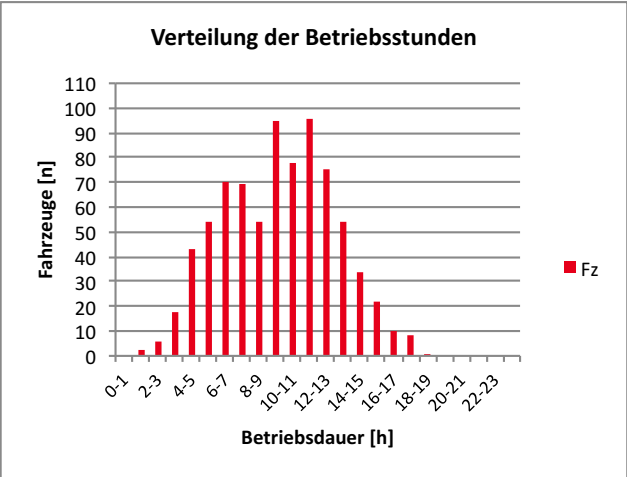
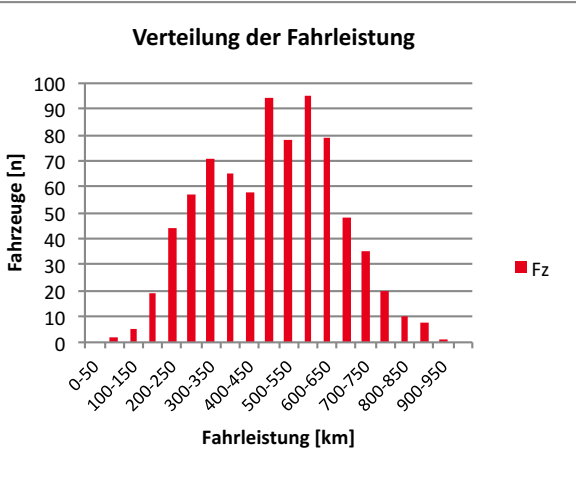
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 5.8 G 4.2: ~ 75 % Nachfrage 8-Sitzer (2030)

G4-2_2030_1

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,74885973			
Erwerbstätige	75	1,4	30	5
Schüler	75	1,4	30	5
Auszubildende	75	1,4	30	5
Rentner	75	1,4	30	1
Sonstige	75	1,4	30	5

Fahrzeuge: 1250
Anteil 4 Sitzplätze: 0%
Anteil 8 Sitzplätze: 100.0%
Tabelle: 2030_1
Comparator: max. Effizienz
Untersuchungsraum Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite: 2000 Kilometer
Pausendauer: 0 Minuten



Anhang 6 Ergänzungsszenarien Datenblätter

- 6.1 Z 1.1: Kombination Fahrzeuggrößen (75% 4-Sitzer / 25% 8-Sitzer) (2030)
Z 1.2: Kombination Fahrzeuggrößen (50% 4-Sitzer / 50% 8-Sitzer) (2030)
Z 1.3: Kombination Fahrzeuggrößen (25 % 4-Sitzer / 75% 8-Sitzer) (2030)
- 6.2 Z 2: Dispositionsregel „Hoher Komfort“ 4-Sitzer (2030)
- 6.3 Z 3.1: Flexibilität der Abfahrtzeit +/- 10 min (2030)
Z 3.2: Flexibilität der Abfahrtzeit +/- 0 min (2030)
- 6.4 Z 4.1: Voranmeldung – 30 min (2030)
Z 4.2: Voranmeldung spontan – 6 min (2030)
- 6.5 Z 5.1: Umwegfaktor 1,2 (2030)
Z 5.2: Umwegfaktor 1,0 (2030)
- 6.6 Z 6: BEV Batterieelektrische Fahrzeuge (2030)
- 6.7 Z 7.1: alternativer Tag – Sonntag 750 Fahrzeuge (2030)
Z 7.2: alternativer Tag – Sonntag 200 Fahrzeuge (2030)
- 6.8 Z 8.1 Kombination – Voranmeldung 30 min; Umwegfaktor 1,4; Flexibilität 10 min

Z 8.2 Kombination – Voranmeldung 30 min; Umwegfaktor 1,2; Flexibilität 10 min
- 6.9 Z 9.1 Betrachtung ohne Schülerverkehr (2012)
Z 9.1 Betrachtung ohne Schülerverkehr (2030)
Z 9.2 Betrachtung nur Schülerverkehr 4-Sitzer (2012)
Z 9.2 Betrachtung nur Schülerverkehr 4-Sitzer (2030)
Z 9.3 Betrachtung nur Schülerverkehr 8-Sitzer (2012)
Z 9.3 Betrachtung nur Schülerverkehr 8-Sitzer (2030)

Anhang 6.1 Kombination Fahrzeuggrößen

- 6.1 Z 1.1: Kombination Fahrzeuggrößen (75% 4-Sitzer / 25% 8-Sitzer) (2030)
 Z 1.2: Kombination Fahrzeuggrößen (50% 4-Sitzer / 50% 8-Sitzer) (2030)
 Z 1.3: Kombination Fahrzeuggrößen (25 % 4-Sitzer / 75% 8-Sitzer) (2030)

Z 1.1: Kombination Fahrzeuggrößen (75% 4-Sitzer / 25% 8-Sitzer) (2030)**Szenario: Z 1.1 2030: Morphologischer Kasten Kombination Fahrzeuggrößen (75% / 50%)**

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %	~ 75 %		
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: Z 1.1 2030 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umweg	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33922723			
Erwerbstätige	48	1,4	30	5
Schüler	21	1,4	30	5
Auszubildende	58	1,4	30	5
Rentner	46	1,4	30	1
Sonstige	55	1,4	30	5

Fahrzeuge:	1000
Anteil 4 Sitzplätze:	75.0%
Anteil 8 Sitzplätze:	25.0%
Tabelle:	2030_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten

Szenario: Z 1.1 2030. Ergebnisse Kombination Fahrzeuggrößen (75% / 25%)

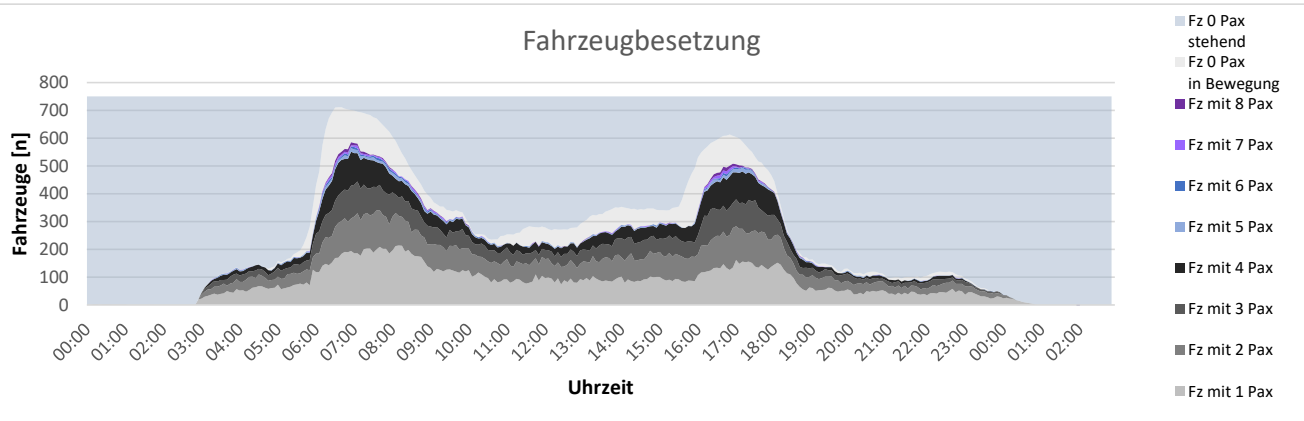
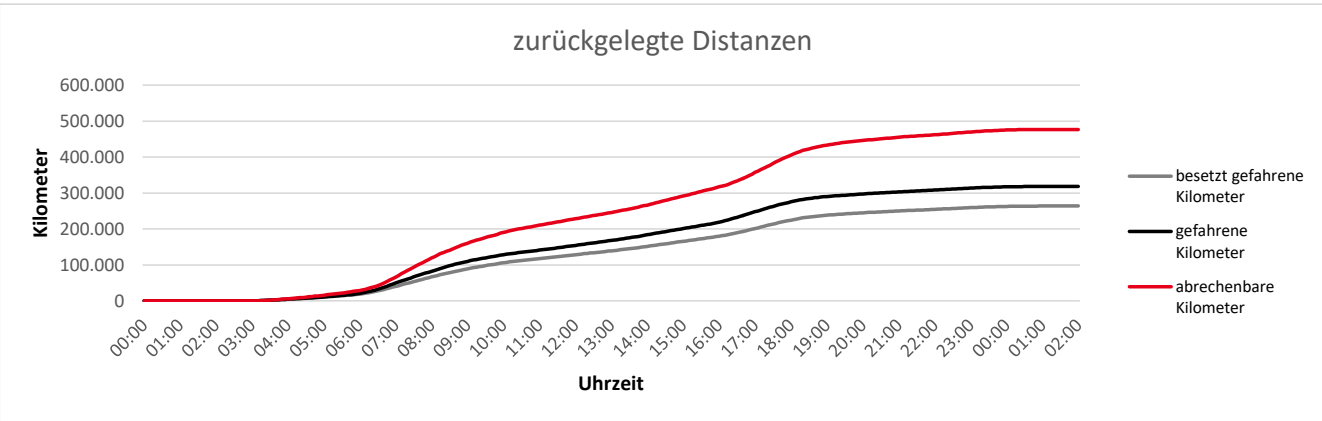
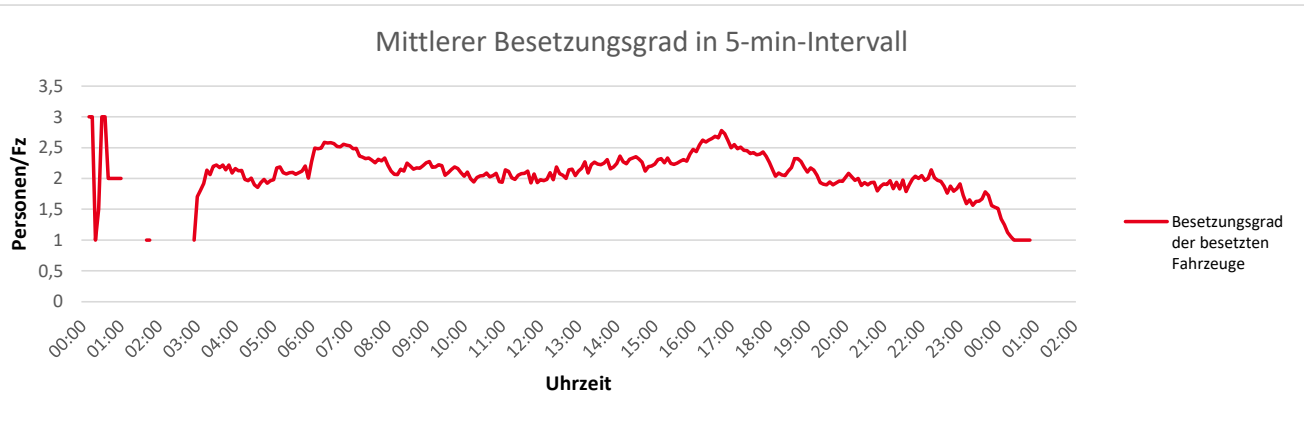
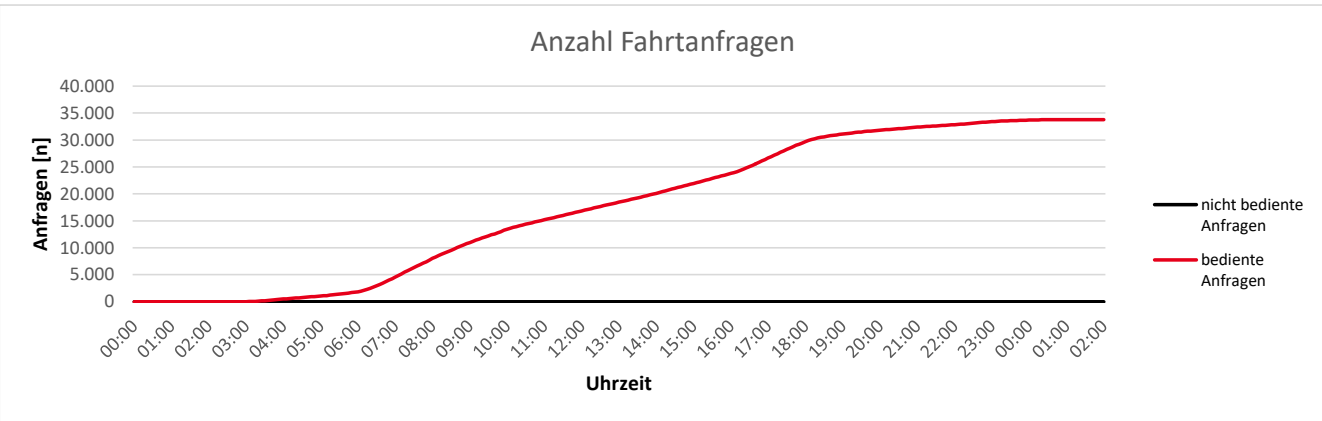
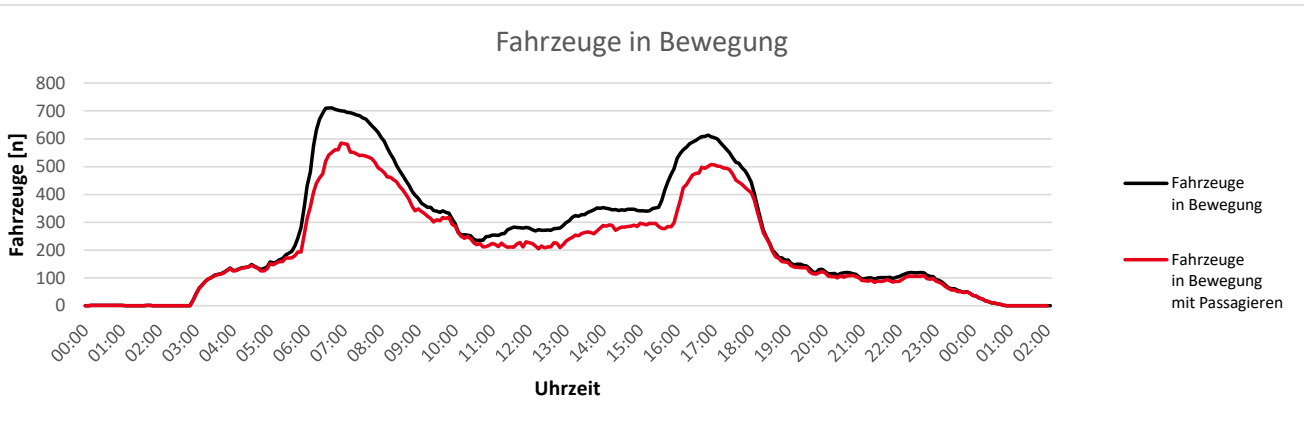
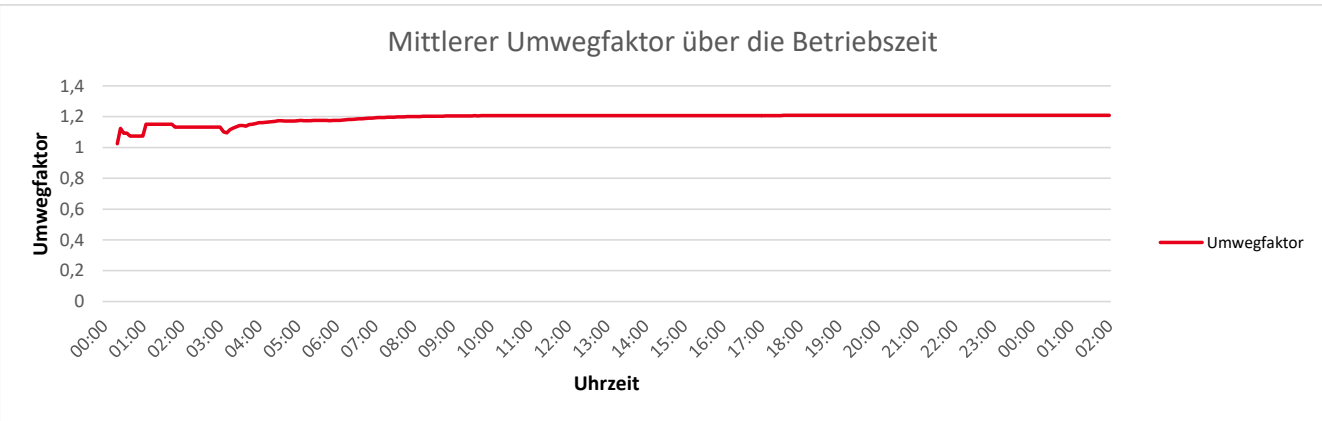
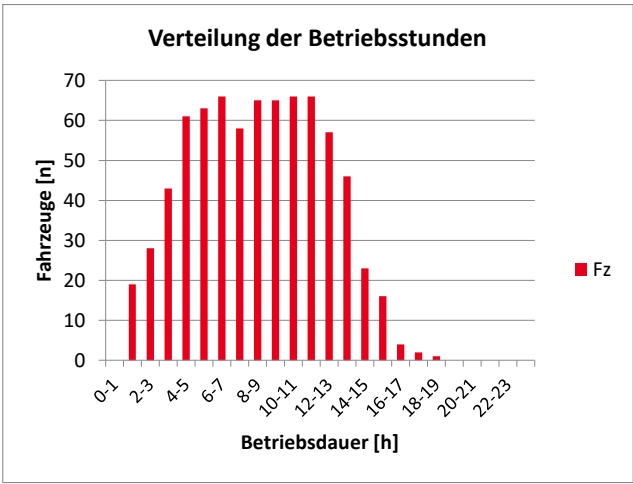
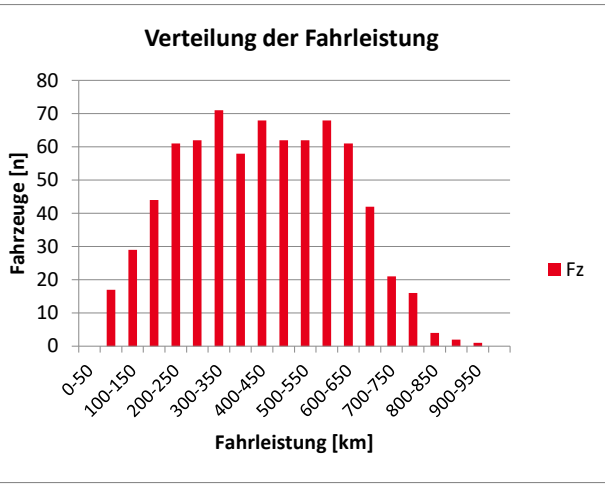
Szenario	Z 1.1 2030		
Nachfrageliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	33.766	33.826	33.821
Fahrtanfragen bedient [-]	33.766	33.826	33.821
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	0	0
daraus erreichter Modal Split	33,92%	33,98%	33,98%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,00%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	318.356	318.328	318.794
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	263.755	263.863	263.689
abrechenbare Personenkilometer [km]	476.977	480.866	475.001
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	54.601	54.465	55.105
Anteil Leerkilometer	17,15%	17,11%	17,29%
Anteil abrechenbare Kilometer *	149,83%	151,06%	149,00%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	750	750	750
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	711	695	705
max. Anzahl mit Passagieren [-]	585	574	575
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	424	424	425
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	448	458	452
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	60	61	63
Maximalwert [km]	919	931	845
Mittelwert [km]	424	424	425
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	636	641	633
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	1:12	1:12	1:15
Maximalwert [hh:mm]	18:36	18:43	16:59
Mittelwert [hh:mm]	8:31	8:31	8:32
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	3	4	3
Maximalwert [Passagiere]	111	103	111
Mittelwert [Passagiere]	45	45	45
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	9,43	9,41	9,43
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,13	14,22	14,04

Anhang 6.1 Z 1.1: Kombination Fahrzeuggrößen (75% 4-Sitzer / 25% 8-Sitzer) (2030)

Z1-1_2030_1

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33922723			
Erwerbstätige	48	1,4	30	5
Schüler	21	1,4	30	5
Auszubildende	58	1,4	30	5
Rentner	46	1,4	30	1
Sonstige	55	1,4	30	5

Fahrzeuge:	750
Anteil 4 Sitzplätze:	75%
Anteil 8 Sitzplätze:	25%
Tabelle:	2030_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten



Z 1.2: Kombination Fahrzeuggrößen (50% 4-Sitzer / 50% 8-Sitzer) (2030)**Szenario: Z 1.2 2030: Morphologischer Kasten Kombination Fahrzeuggrößen (50% / 50%)**

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %	~ 75 %		
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: Z 1.2 2030 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umweg	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33922723			
Erwerbstätige	48	1,4	30	5
Schüler	21	1,4	30	5
Auszubildende	58	1,4	30	5
Rentner	46	1,4	30	1
Sonstige	55	1,4	30	5

Fahrzeuge:	1000
Anteil 4 Sitzplätze:	50.0%
Anteil 8 Sitzplätze:	50.0%
Tabelle:	2030_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten

Szenario: Z 1.2 2030: Ergebnisse Kombination Fahrzeuggrößen (50% / 50%)

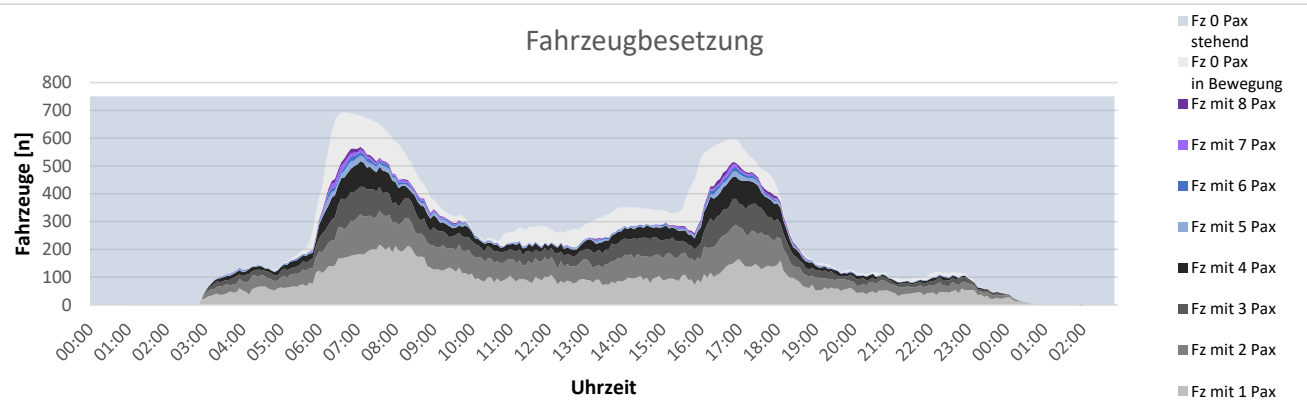
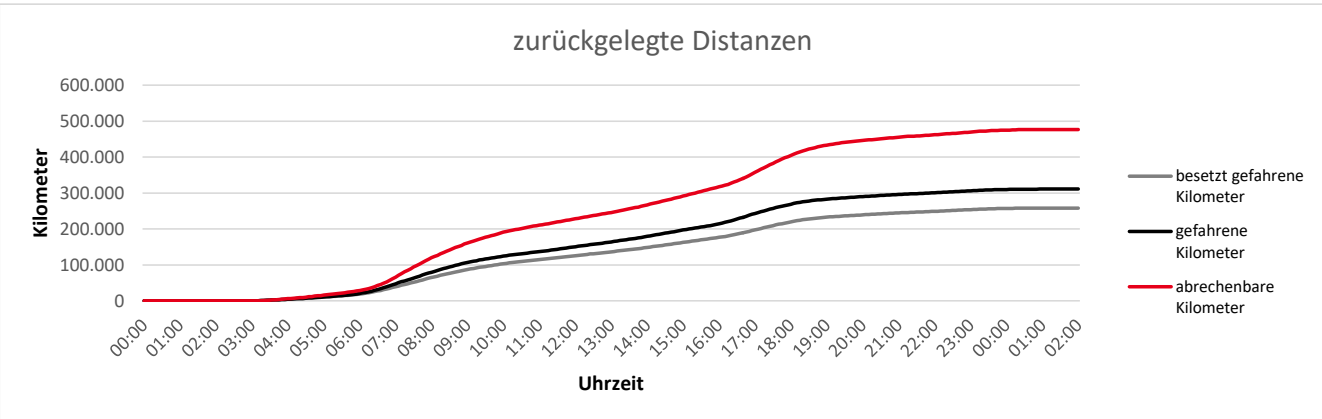
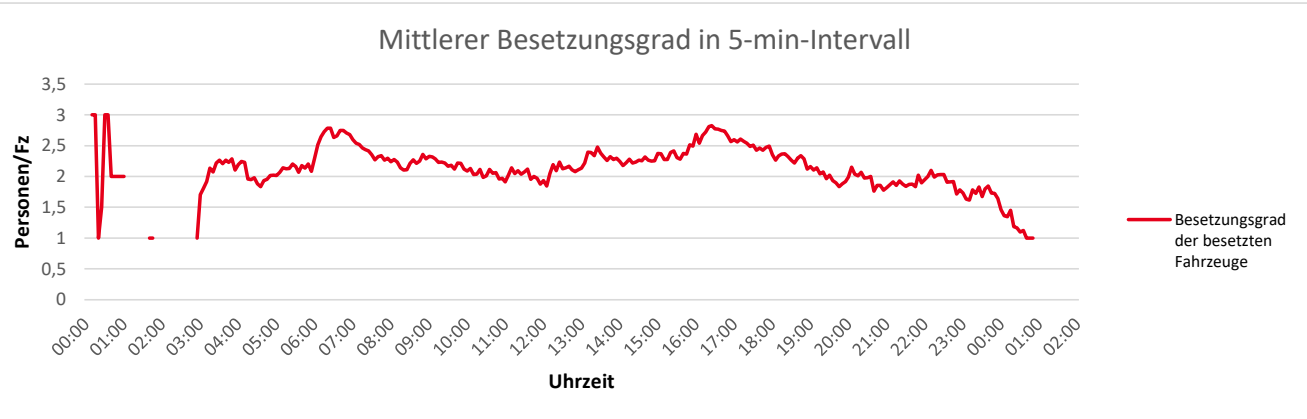
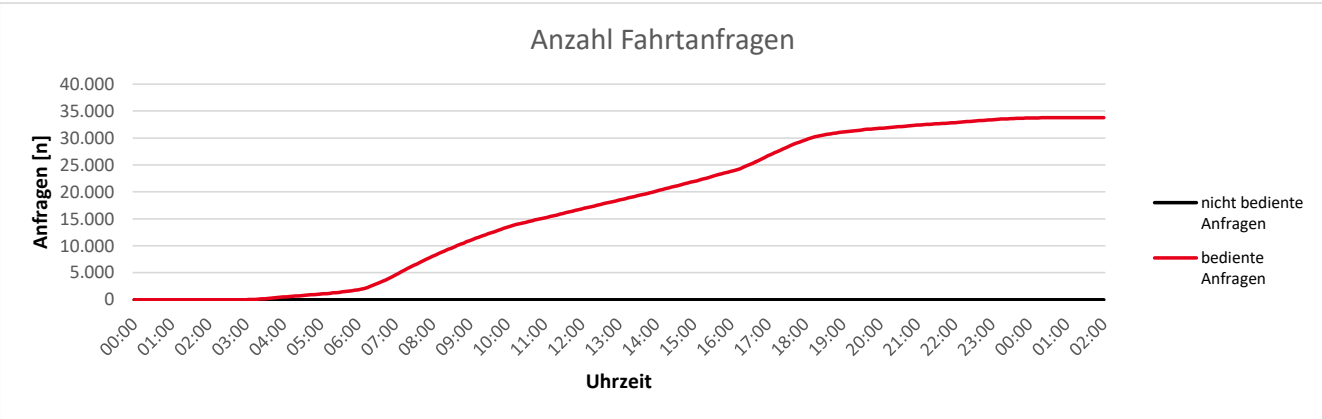
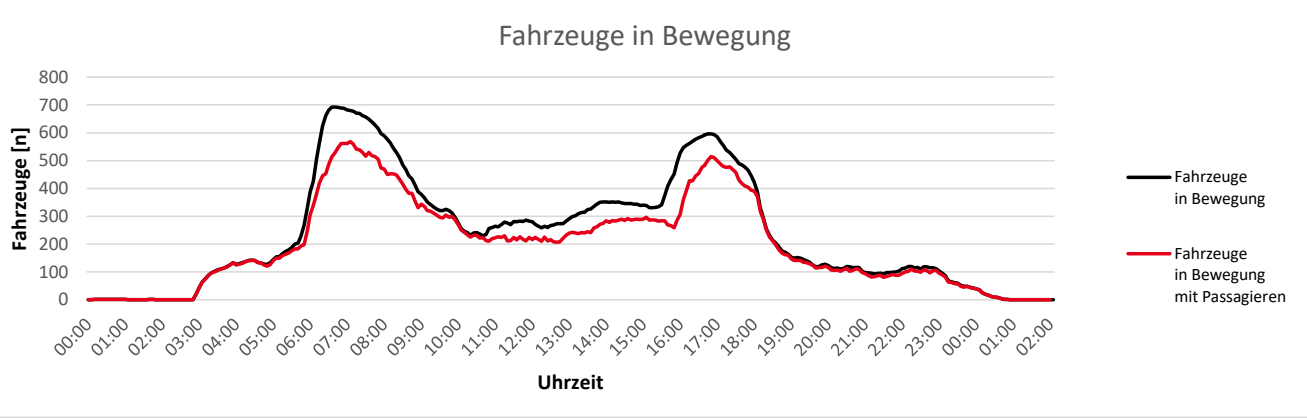
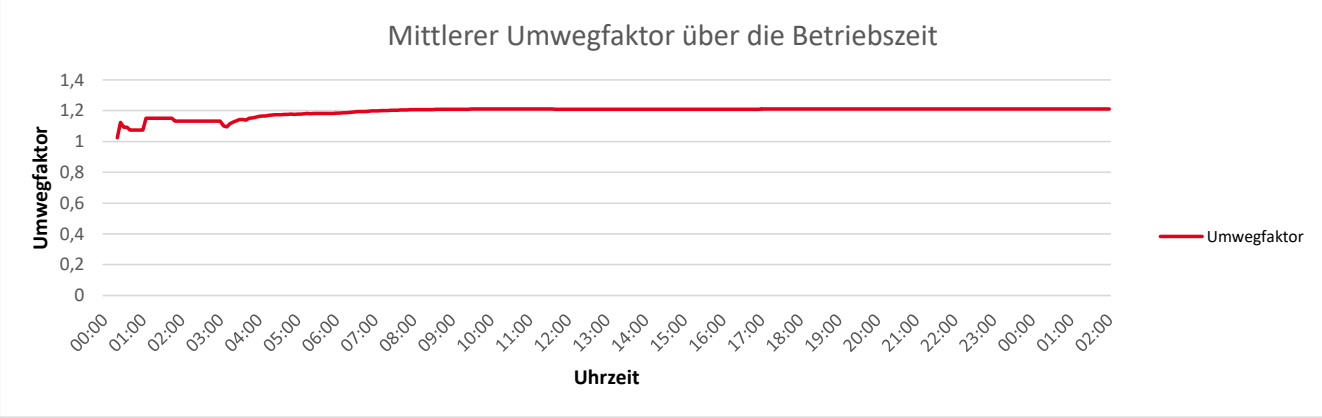
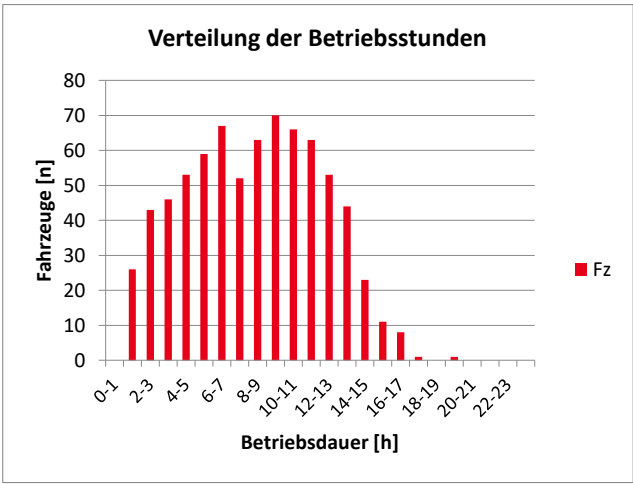
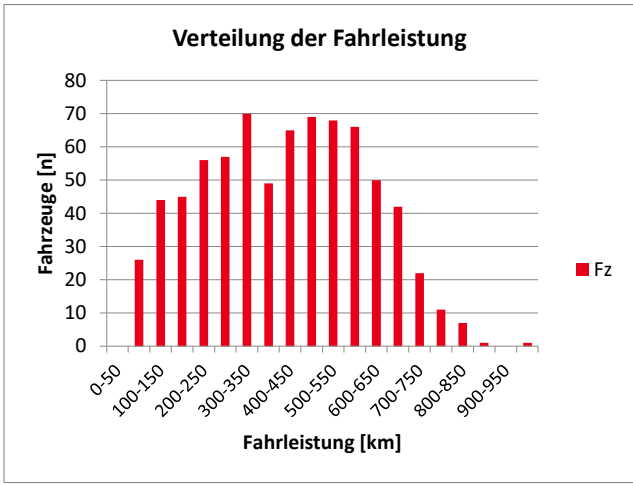
Szenario	Z 1.2 2030		
Nachfragerliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	33.766	33.826	33.821
Fahrtanfragen bedient [-]	33.765	33.826	33.818
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	1	0	3
daraus erreichter Modal Split	33,92%	33,98%	33,98%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,01%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	310.888	307.789	305.583
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	258.170	255.625	255.224
abrechenbare Personenkilometer [km]	476.966	480.866	474.967
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	52.718	52.165	50.358
Anteil Leerkilometer	16,96%	16,95%	16,48%
Anteil abrechenbare Kilometer *	153,42%	156,23%	155,43%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	750	750	750
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	692	678	669
max. Anzahl mit Passagieren [-]	568	569	547
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	415	410	407
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	449	454	457
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	67	56	67
Maximalwert [km]	955	876	873
Mittelwert [km]	415	410	407
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	636	641	633
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	1:22	1:06	1:20
Maximalwert [hh:mm]	19:09	17:34	17:30
Mittelwert [hh:mm]	8:19	8:14	8:10
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	3	2	4
Maximalwert [Passagiere]	112	109	106
Mittelwert [Passagiere]	45	45	45
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	9,21	9,10	9,04
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,13	14,22	14,04

Anhang 6.1 Z 1.2: Kombination Fahrzeuggrößen (50% 4-Sitzer / 50% 8-Sitzer) (2030)

Z1-2_2030_1

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33922723			
Erwerbstätige	48	1,4	30	5
Schüler	21	1,4	30	5
Auszubildende	58	1,4	30	5
Rentner	46	1,4	30	1
Sonstige	55	1,4	30	5

Fahrzeuge:	750
Anteil 4 Sitzplätze:	50%
Anteil 8 Sitzplätze:	50%
Tabelle:	2030_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten



Z 1.3: Kombination Fahrzeuggrößen (25% 4-Sitzer / 75% 8-Sitzer) (2030)**Szenario: Z 1.3 2030: Morphologischer Kasten Kombination Fahrzeuggrößen (25 % / 75%)**

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %	~ 75 %		
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: Z 1.3 2030 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umweg	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33922723			
Erwerbstätige	48	1,4	30	5
Schüler	21	1,4	30	5
Auszubildende	58	1,4	30	5
Rentner	46	1,4	30	1
Sonstige	55	1,4	30	5

Fahrzeuge:	1000
Anteil 4 Sitzplätze:	25.0%
Anteil 8 Sitzplätze:	75.0%
Tabelle:	2030_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten

Szenario: Z 1.3 2030: Ergebnisse Kombination Fahrzeuggrößen (25 % / 75%)

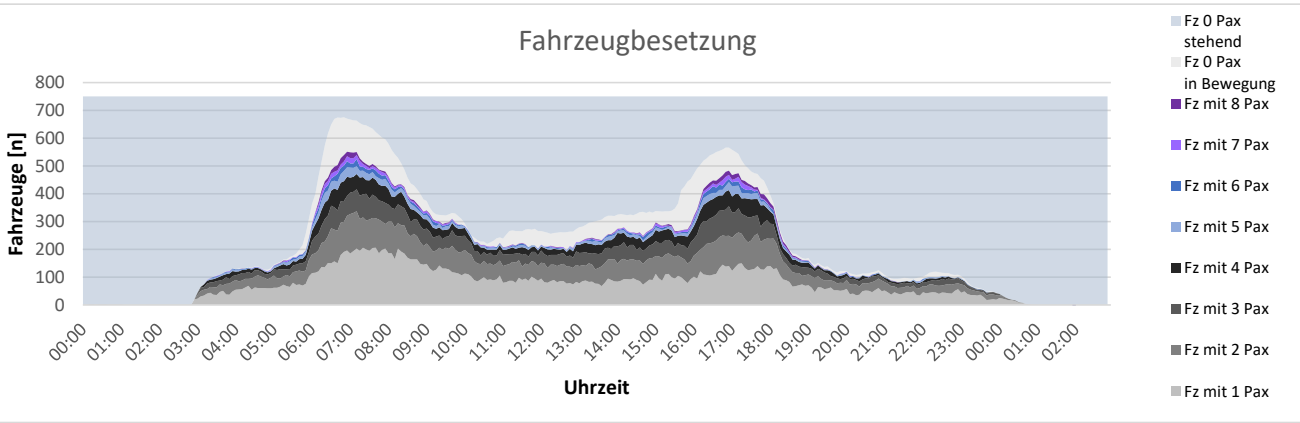
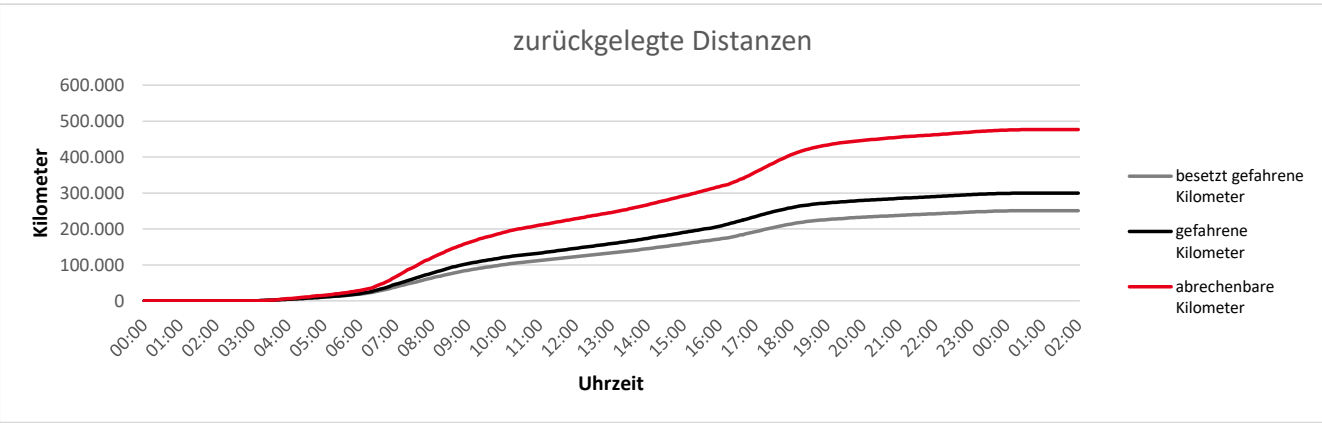
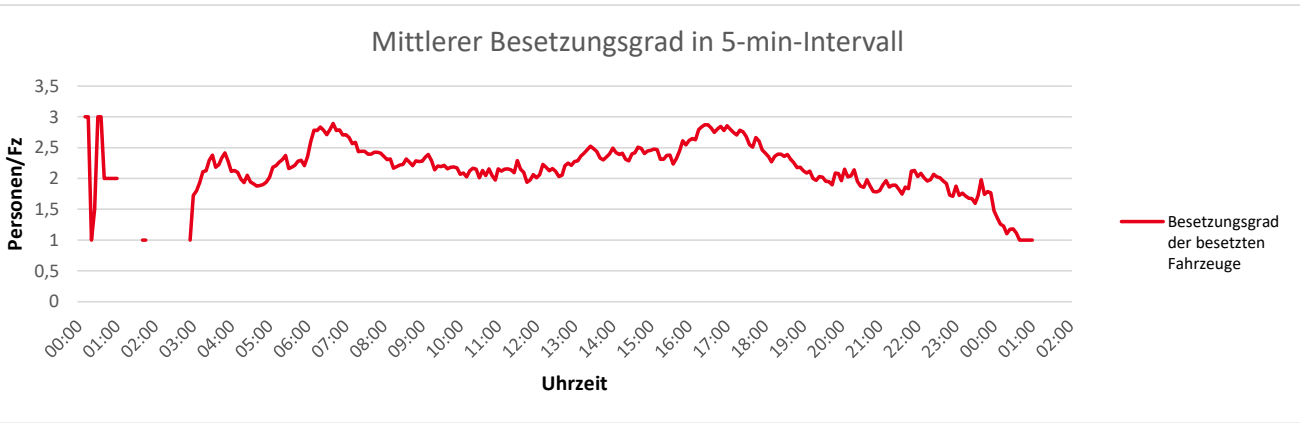
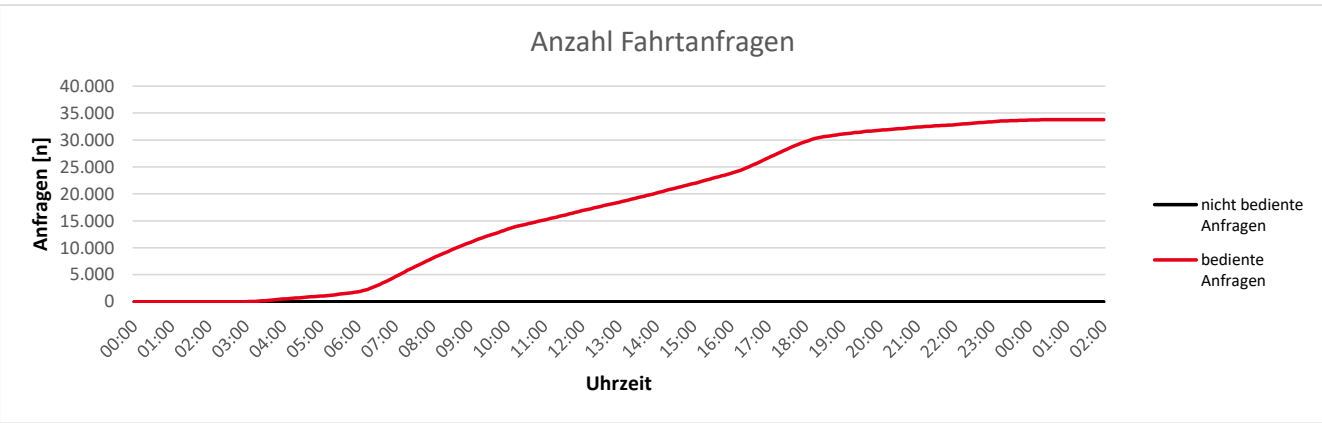
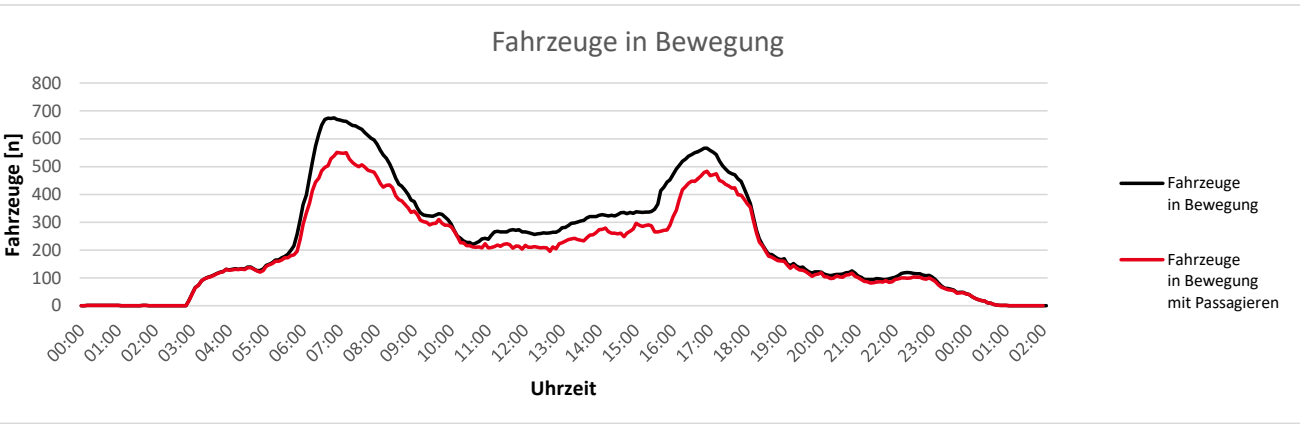
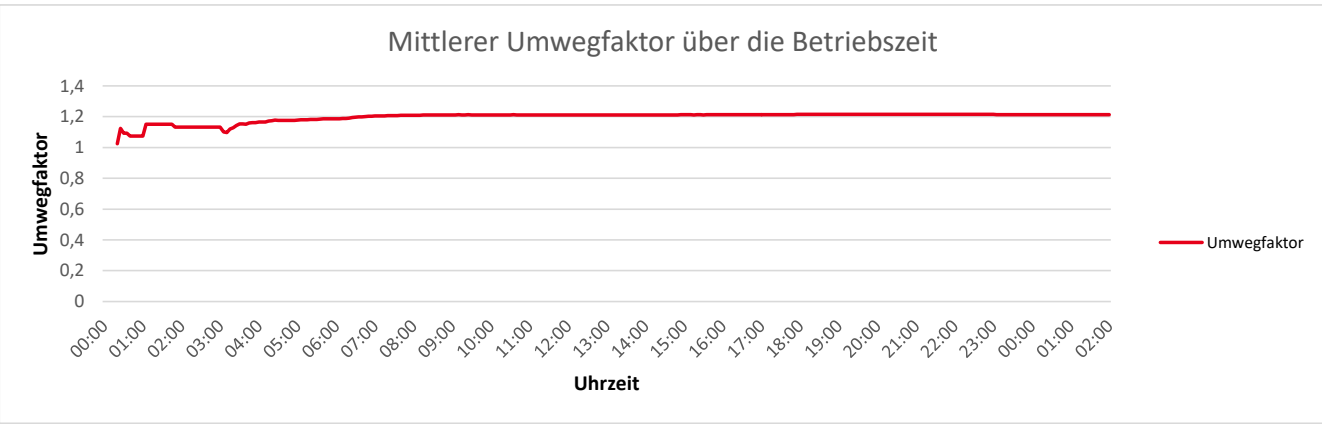
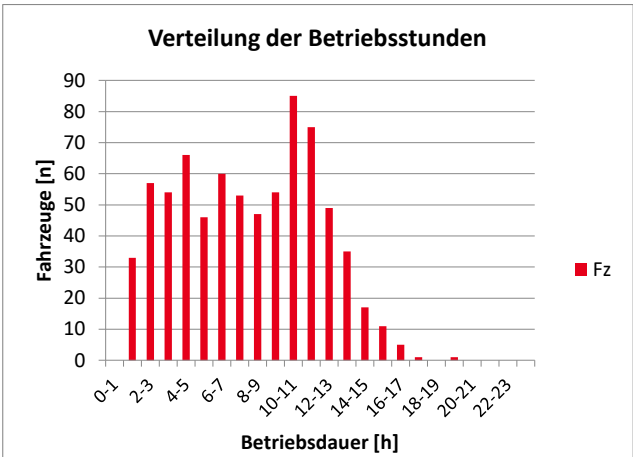
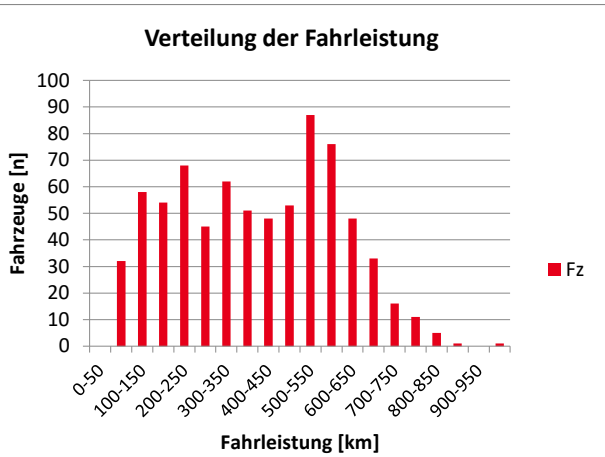
Szenario	Z 1.3 2030		
Nachfragerliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	33.766	33.826	33.821
Fahrtanfragen bedient [-]	33.766	33.824	33.821
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	2	0
daraus erreichter Modal Split	33,92%	33,98%	33,98%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,01%	0,00%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	300.081	299.817	298.270
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	251.277	250.562	249.131
abrechenbare Personenkilometer [km]	476.977	480.838	475.001
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	48.805	49.255	49.139
Anteil Leerkilometer	16,26%	16,43%	16,47%
Anteil abrechenbare Kilometer *	158,95%	160,38%	159,25%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	750	750	750
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	675	671	665
max. Anzahl mit Passagieren [-]	551	561	533
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	400	400	398
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	445	447	449
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	66	61	66
Maximalwert [km]	969	903	937
Mittelwert [km]	400	400	398
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	636	641	633
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	1:20	1:12	1:19
Maximalwert [hh:mm]	19:29	18:06	18:48
Mittelwert [hh:mm]	8:01	8:01	7:58
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	3	3	3
Maximalwert [Passagiere]	118	108	121
Mittelwert [Passagiere]	45	45	45
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	8,89	8,86	8,82
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,13	14,22	14,04

Anhang 6.1 Z 1.3: Kombination Fahrzeuggrößen (25% 4-Sitzer / 75% 8-Sitzer) (2030)

Z1-3_2030_1

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33922723			
Erwerbstätige	48	1,4	30	5
Schüler	21	1,4	30	5
Auszubildende	58	1,4	30	5
Rentner	46	1,4	30	1
Sonstige	55	1,4	30	5

Fahrzeuge:	750
Anteil 4 Sitzplätze:	25%
Anteil 8 Sitzplätze:	75%
Tabelle:	2030_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten



Anhang 6.2 Dispositionsregel

Z2: Dispositionsregel „Hoher Komfort“**Szenario: Z 2 2030: Morphologischer Kasten Dispositionsregel „Hoher Komfort“ 4-Sitzer**

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %	~ 75 %		
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: Z 2 2030 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umweg	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33922723			
Erwerbstätige	48	1,4	30	5
Schüler	21	1,4	30	5
Auszubildende	58	1,4	30	5
Rentner	46	1,4	30	1
Sonstige	55	1,4	30	5

Fahrzeuge:	1000
Anteil 4 Sitzplätze:	100%
Anteil 8 Sitzplätze:	0.0%
Tabelle:	2030_1
Comparator:	max. Komfort
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten

Szenario: Z 2 2030: Ergebnisse Dispositionsregel „Hoher Komfort“ 4-Sitzer

Szenario	Z 2 2030		
Nachfrageliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	33.766	33.826	33.821
Fahrtanfragen bedient [-]	32.908	32.869	33.126
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	858	957	695
daraus erreichter Modal Split	33,92%	33,98%	33,98%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	2,54%	2,83%	2,05%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	525.131	529.770	522.922
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	371.632	375.463	370.935
abrechenbare Personenkilometer [km]	448.415	449.610	449.625
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	153.499	154.307	151.987
Anteil Leerkilometer	29,23%	29,13%	29,06%
Anteil abrechenbare Kilometer *	85,39%	84,87%	85,98%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	750	750	750
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	750	750	750
max. Anzahl mit Passagieren [-]	626	609	631
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	700	706	697
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	700	706	697
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	508	500	490
Maximalwert [km]	922	938	912
Mittelwert [km]	699	705	696
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	598	599	600
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	10:09	10:01	9:48
Maximalwert [hh:mm]	18:19	18:43	18:15
Mittelwert [hh:mm]	14:01	14:09	13:58
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	24	23	20
Maximalwert [Passagiere]	66	62	65
Mittelwert [Passagiere]	44	44	44
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	15,96	16,12	15,79
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	13,63	13,68	13,57

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

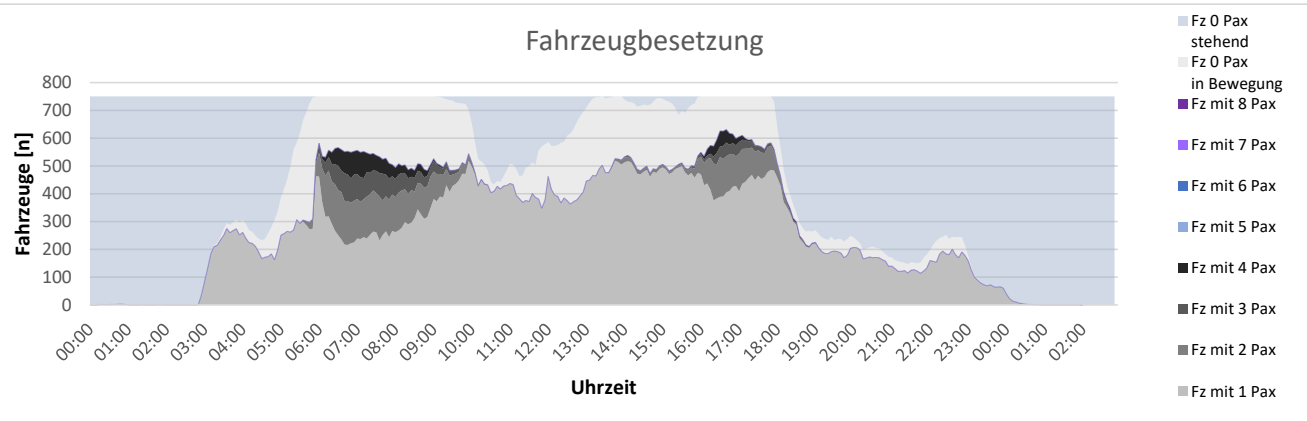
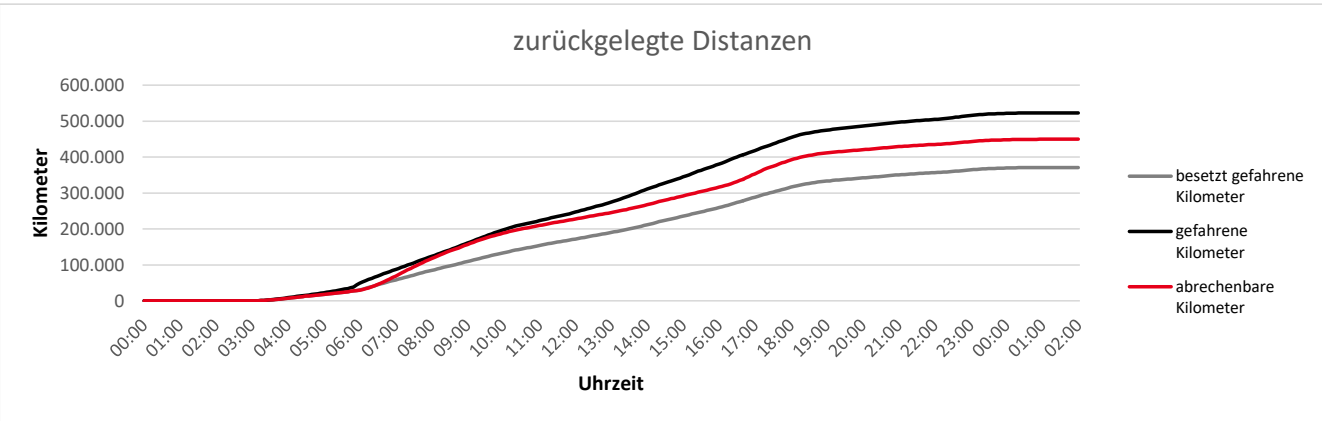
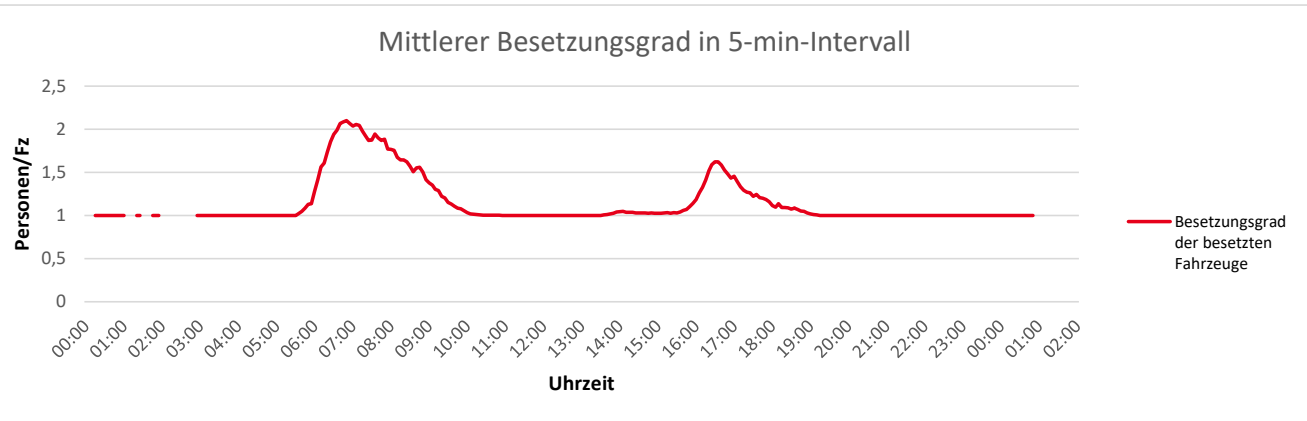
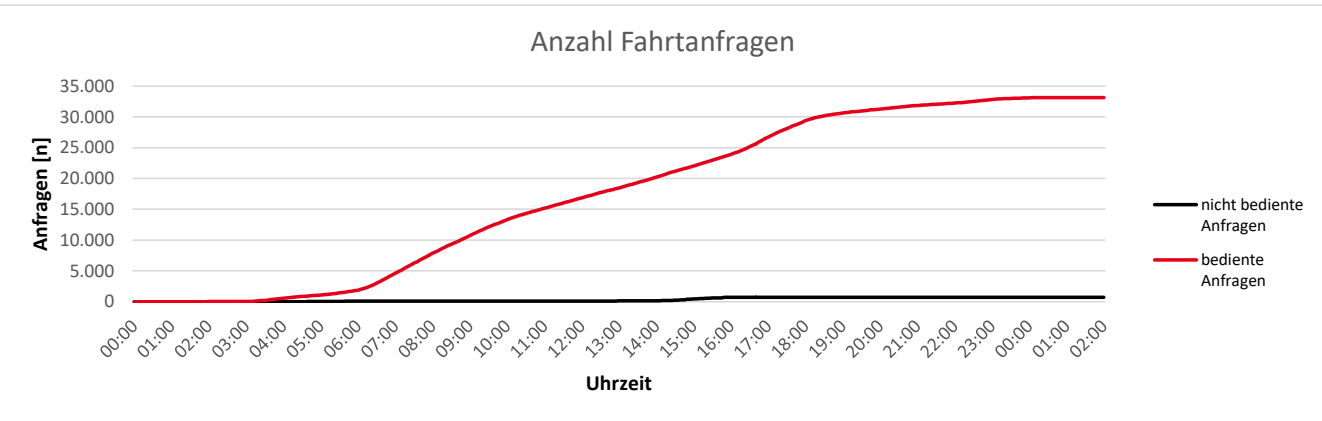
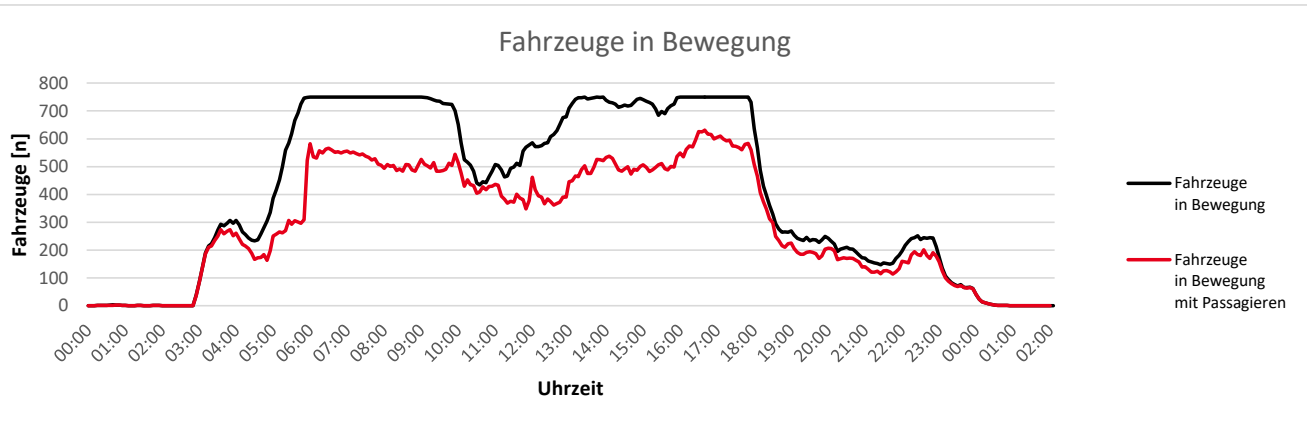
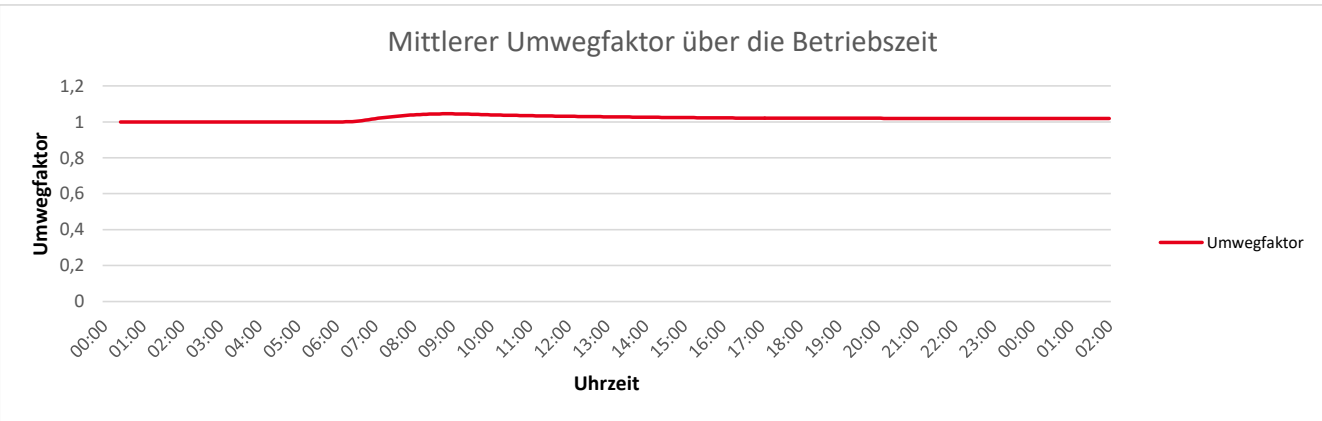
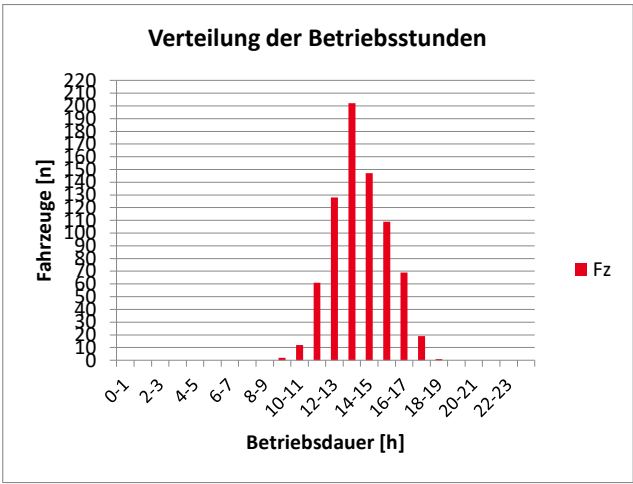
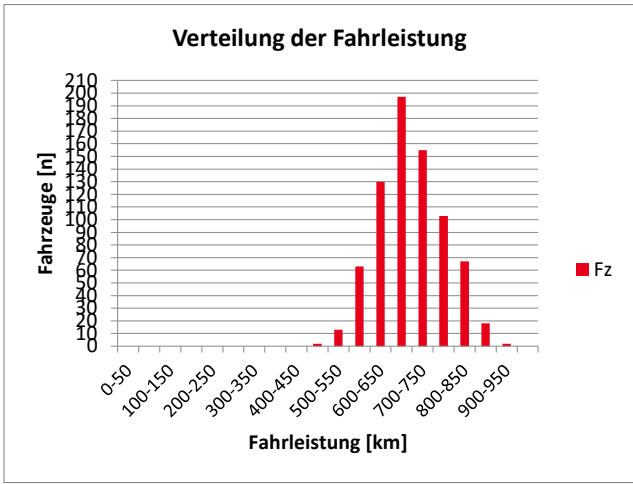
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 6.2 Z 2: Dispositionsregel „Hoher Komfort“ 4-Sitzer (2030)

Z2_Komfort_2030_3

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33977978			
Erwerbstätige	48	1,4	30	5
Schüler	21	1,4	30	5
Auszubildende	58	1,4	30	5
Rentner	46	1,4	30	1
Sonstige	55	1,4	30	5

Fahrzeuge:	750
Anteil 4 Sitzplätze:	100%
Anteil 8 Sitzplätze:	0.0%
Tabelle:	2030_3
Comparator:	max. Komfort
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten



Anhang 6.3 Flexibilität der Abfahrtzeit

6.3 Z 3.1: Flexibilität der Abfahrtzeit +/- 10 min (2030)

Z 3.2: Flexibilität der Abfahrtzeit +/- 0 min (2030)

Z 3.1: Flexibilität der Abfahrtszeit +/- 10 Minuten (2030)**Szenario: Z 3.1 2030: Morphologischer Kasten Flexibilität der Abfahrtszeit +/- 10 min**

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %	~ 75 %		
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: Z 3.1 2030 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umweg	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33922723			
Erwerbstätige	48	1,4	10	5
Schüler	21	1,4	10	5
Auszubildende	58	1,4	10	5
Rentner	46	1,4	10	1
Sonstige	55	1,4	10	5

Fahrzeuge:	1000
Anteil 4 Sitzplätze:	100%
Anteil 8 Sitzplätze:	0.0%
Tabelle:	2030_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten

Szenario: Z 3.1 2030. Ergebnisse Flexibilität der Abfahrtzeit +/- 10 min

Szenario	Z 3.1 2030		
Nachfragerliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	33.766	33.826	33.821
Fahrtanfragen bedient [-]	33.695	33.742	33.772
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	71	84	49
daraus erreichter Modal Split	33,92%	33,98%	33,98%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,21%	0,25%	0,14%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	332.787	333.674	330.313
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	271.070	271.781	270.413
abrechenbare Personenkilometer [km]	475.497	479.682	474.212
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	61.717	61.893	59.900
Anteil Leerkilometer	18,55%	18,55%	18,13%
Anteil abrechenbare Kilometer *	142,88%	143,76%	143,56%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	750	750	750
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	747	750	750
max. Anzahl mit Passagieren [-]	621	638	623
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	444	445	440
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	445	445	440
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	95	94	90
Maximalwert [km]	884	929	870
Mittelwert [km]	443	444	440
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	634	640	632
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	1:53	1:51	1:47
Maximalwert [hh:mm]	17:42	18:37	17:27
Mittelwert [hh:mm]	8:54	8:56	8:50
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	6	4	4
Maximalwert [Passagiere]	105	98	108
Mittelwert [Passagiere]	45	45	45
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	9,88	9,89	9,78
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,11	14,22	14,04

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

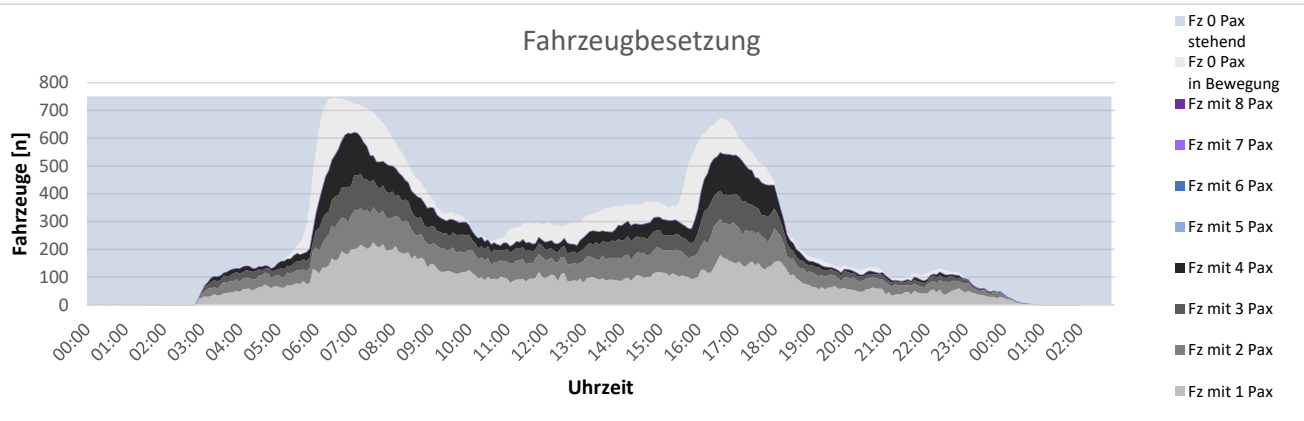
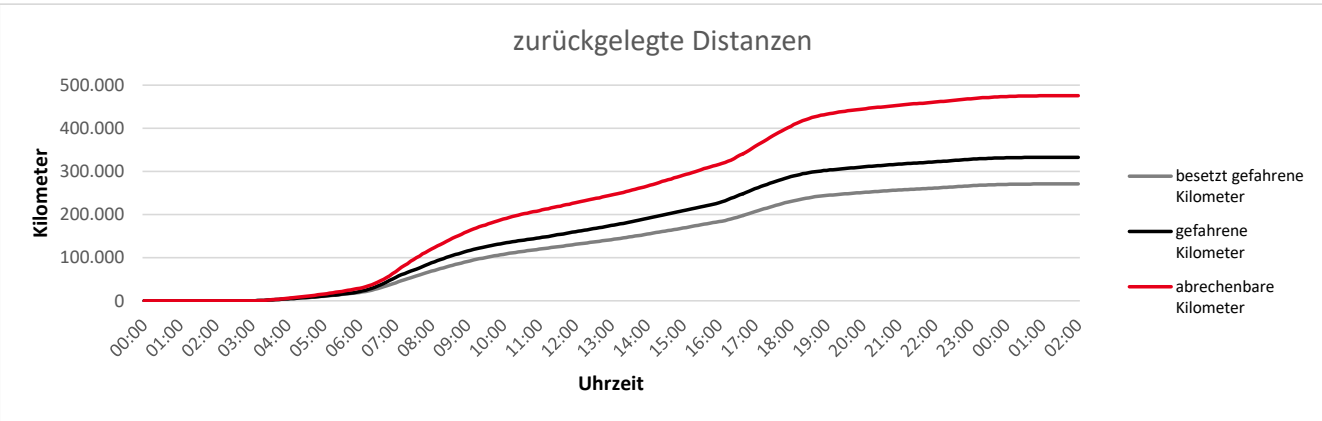
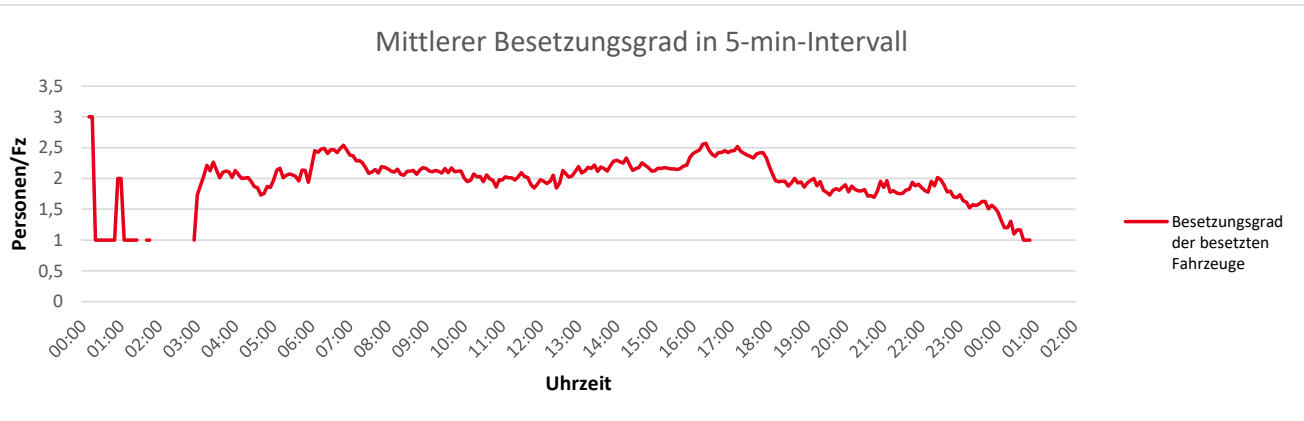
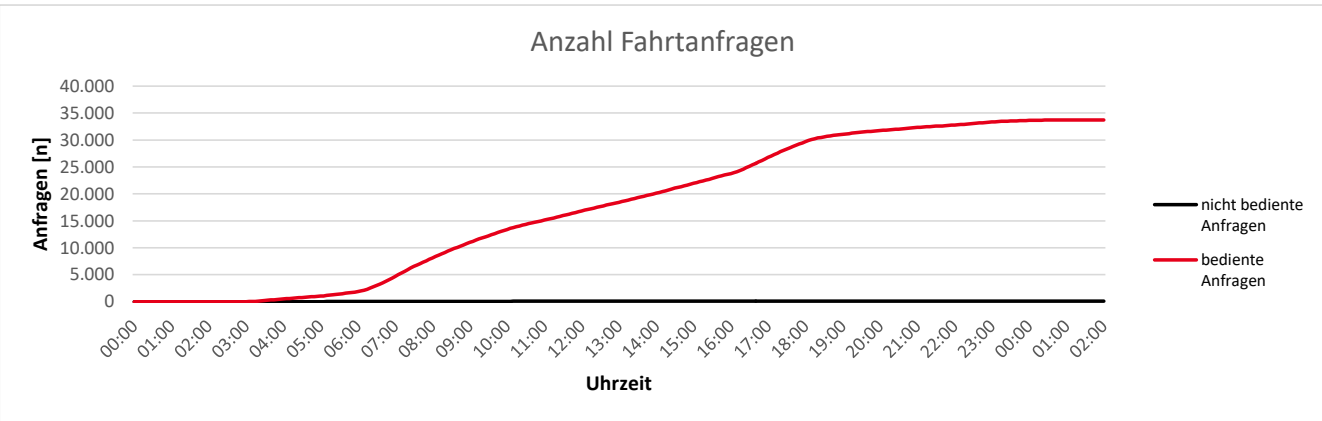
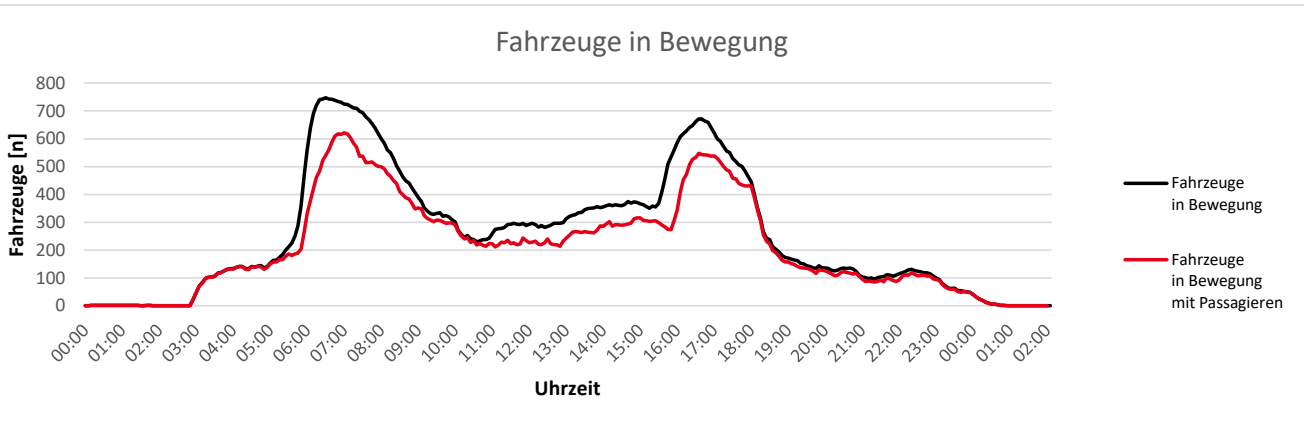
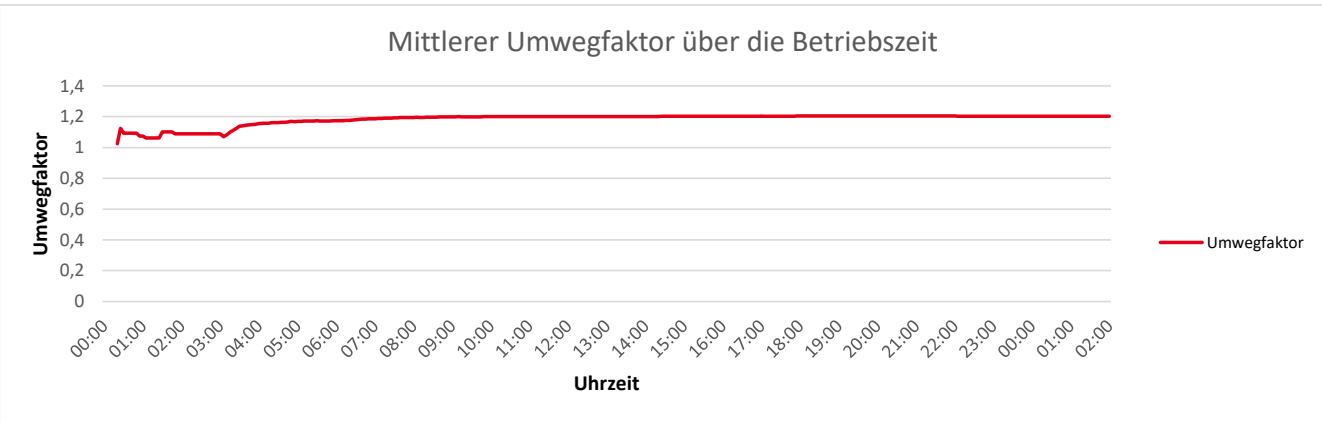
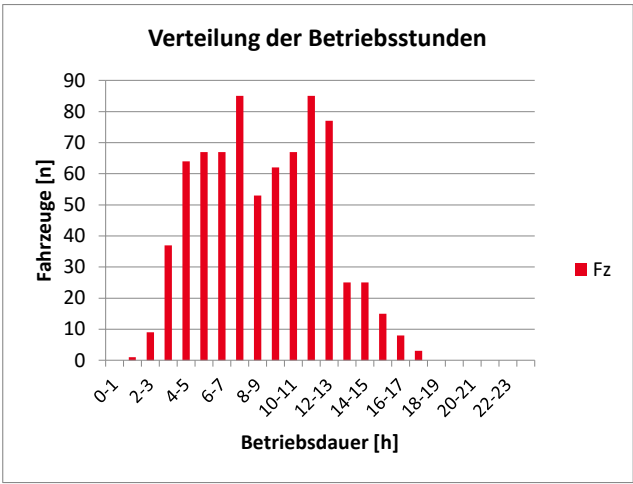
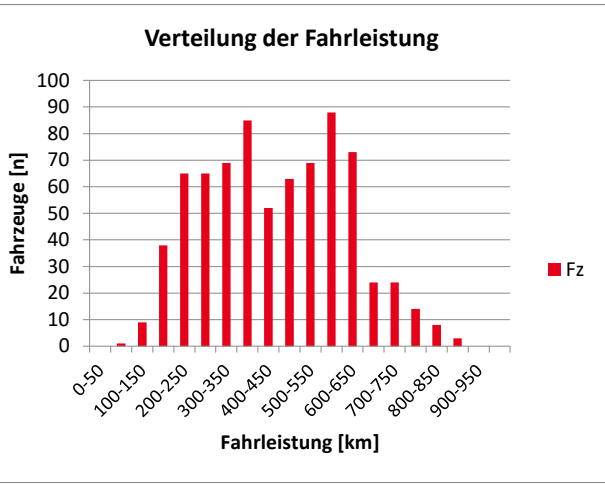
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 6.3 Z 3.1: Flexibilität der Abfahrtszeit +/- 10 min (2030)

Z3-1_Flex_2030_1

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33922723			
Erwerbstätige	48	1,4	10	5
Schüler	21	1,4	10	5
Auszubildende	58	1,4	10	5
Rentner	46	1,4	10	1
Sonstige	55	1,4	10	5

Fahrzeuge:	750
Anteil 4 Sitzplätze:	100%
Anteil 8 Sitzplätze:	0.0%
Tabelle:	2030_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten



Z 3.2: Flexibilität der Abfahrtszeit +/- 0 Minuten (2030)**Szenario: Z 3.2 2030: Morphologischer Kasten Flexibilität der Abfahrtszeit +/- 0 min**

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %		~ 75 %	
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %		25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: Z 3.2 2030 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umweg	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33922723			
Erwerbstätige	48	1,4	0	5
Schüler	21	1,4	0	5
Auszubildende	58	1,4	0	5
Rentner	46	1,4	0	1
Sonstige	55	1,4	0	5

Fahrzeuge:	1000
Anteil 4 Sitzplätze:	100%
Anteil 8 Sitzplätze:	0.0%
Tabelle:	2030_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten

Szenario: Z 3.2 2030: Ergebnisse Flexibilität der Abfahrtszeit +/- 0 min

Szenario	Z 3.1 2030		
Nachfragerliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	33.766	33.826	33.821
Fahrtanfragen bedient [-]	33.695	33.742	33.772
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	71	84	49
daraus erreichter Modal Split	33,92%	33,98%	33,98%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,21%	0,25%	0,14%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	332.787	333.674	330.313
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	271.070	271.781	270.413
abrechenbare Personenkilometer [km]	475.497	479.682	474.212
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	61.717	61.893	59.900
Anteil Leerkilometer	18,55%	18,55%	18,13%
Anteil abrechenbare Kilometer *	142,88%	143,76%	143,56%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	750	750	750
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	747	750	750
max. Anzahl mit Passagieren [-]	621	638	623
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	444	445	440
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	445	445	440
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	95	94	90
Maximalwert [km]	884	929	870
Mittelwert [km]	443	444	440
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	634	640	632
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	1:53	1:51	1:47
Maximalwert [hh:mm]	17:42	18:37	17:27
Mittelwert [hh:mm]	8:54	8:56	8:50
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	6	4	4
Maximalwert [Passagiere]	105	98	108
Mittelwert [Passagiere]	45	45	45
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	9,88	9,89	9,78
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,11	14,22	14,04

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

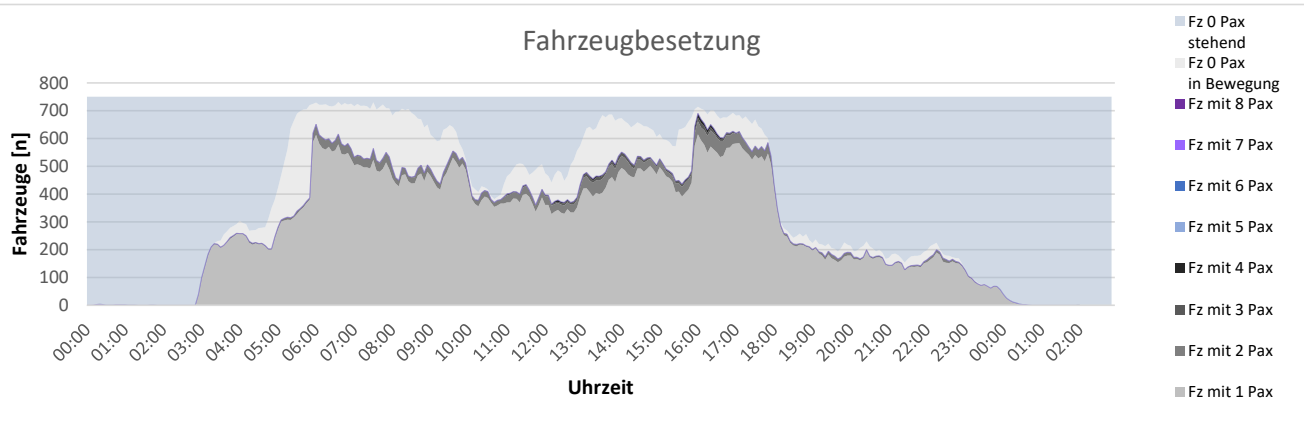
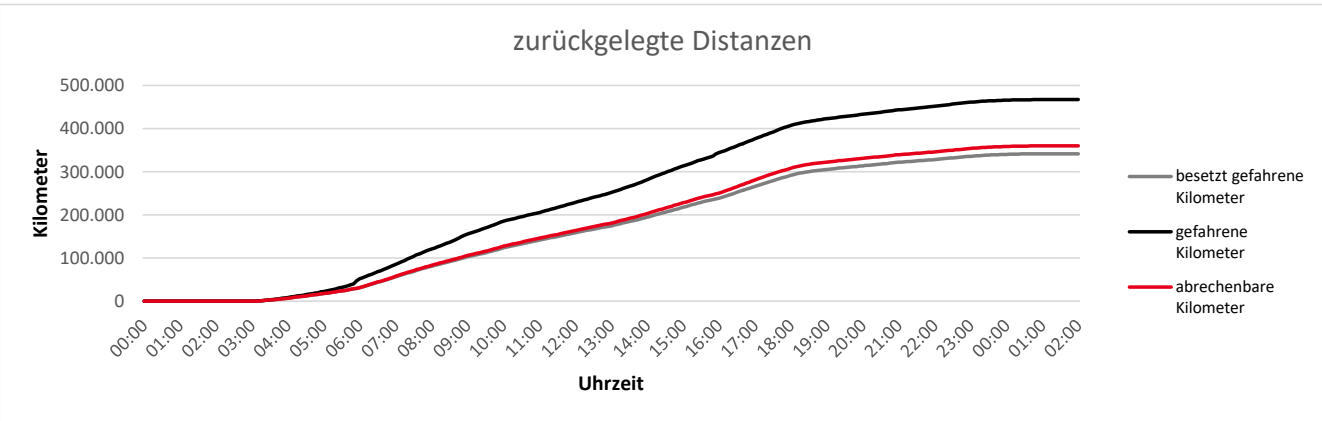
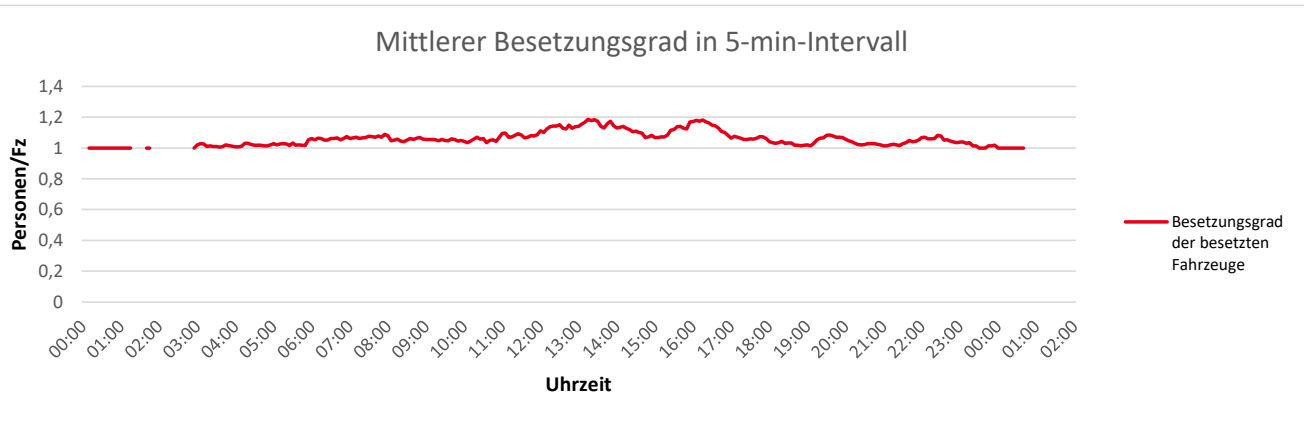
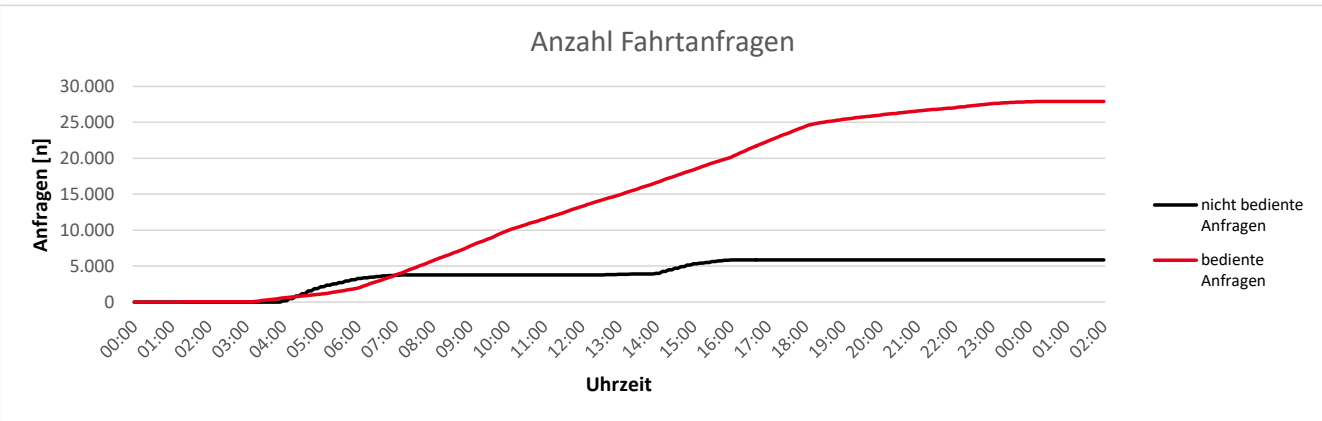
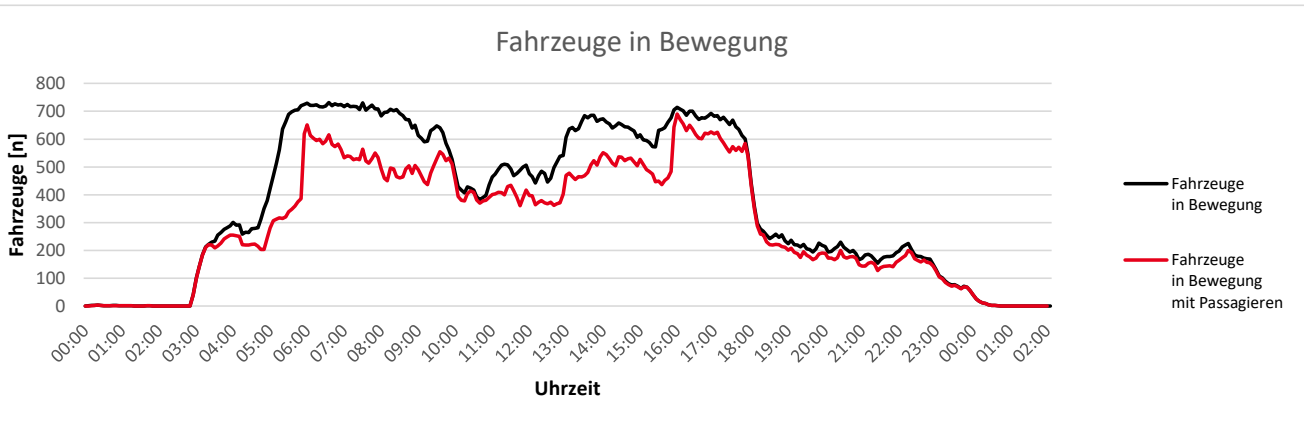
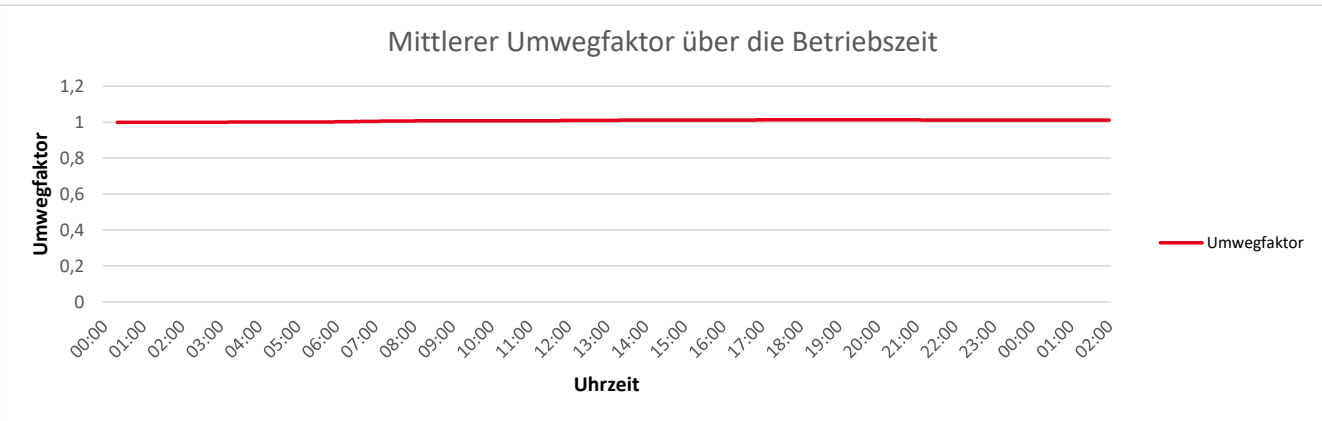
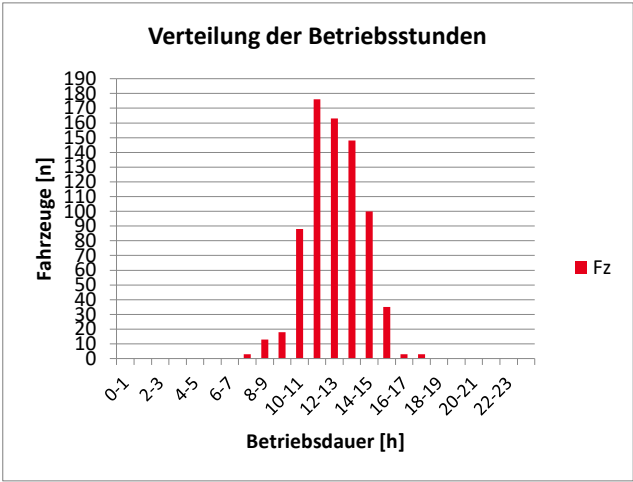
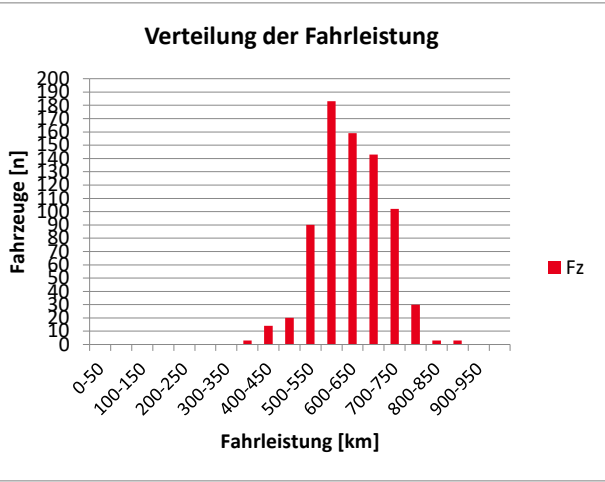
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 6.3 Z 3.2: Flexibilität der Abfahrtszeit +/- 0 min (2030)

Z3-2_Flex_2030_1

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33922723			
Erwerbstätige	48	1,4	0	5
Schüler	21	1,4	0	5
Auszubildende	58	1,4	0	5
Rentner	46	1,4	0	1
Sonstige	55	1,4	0	5

Fahrzeuge: 750
Anteil 4 Sitzplätze: 100%
Anteil 8 Sitzplätze: 0.0%
Tabelle: 2030_1
Comparator: max. Effizienz
Untersuchungsraum Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite: 2000 Kilometer
Pausendauer: 0 Minuten



Anhang 6.4 Voranmeldung

- 6.4 Z 4.1: Voranmeldung – 30 min (2030)
- Z 4.2: Voranmeldung spontan – 6 min (2030)

Z 4.1: Voranmeldung – 30 min (2030)**Szenario: Z 4.1 2030: Morphologischer Kasten Voranmeldung – 30 min**

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %		~ 75 %	
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %		25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: Z 4.1 2030 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umweg	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,30060881			
Erwerbstätige	48	1,4	30	5
Schüler	21	1,4	30	5
Auszubildende	58	1,4	30	5
Rentner	46	1,4	30	1
Sonstige	55	1,4	30	5

Fahrzeuge:	1000
Anteil 4 Sitzplätze:	100%
Anteil 8 Sitzplätze:	0.0%
Tabelle:	2030_3
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	innerhalb des Landkreises
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten

Szenario: Z 4.1 2030: Ergebnisse Voranmeldung – 30 min

Szenario	Z 4.1 2030		
Nachfragerliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	33.766	33.821	33.821
Fahrtanfragen bedient [-]	33.310	33.214	33.379
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	456	607	442
daraus erreichter Modal Split	33,92%	33,98%	33,98%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	1,35%	1,79%	1,31%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	321.066	319.072	319.903
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	265.754	264.756	265.060
abrechenbare Personenkilometer [km]	465.522	465.136	463.003
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	55.312	54.316	54.843
Anteil Leerkilometer	17,23%	17,02%	17,14%
Anteil abrechenbare Kilometer *	144,99%	145,78%	144,73%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	750	750	750
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	708	704	694
max. Anzahl mit Passagieren [-]	556	558	548
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	428	425	427
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	453	453	461
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	69	61	70
Maximalwert [km]	902	847	858
Mittelwert [km]	428	425	427
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	621	620	617
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	1:22	1:12	1:24
Maximalwert [hh:mm]	18:01	16:55	17:04
Mittelwert [hh:mm]	8:35	8:32	8:33
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	3	4	3
Maximalwert [Passagiere]	105	103	100
Mittelwert [Passagiere]	44	44	45
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	9,64	9,61	9,58
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	13,98	14,00	13,87

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

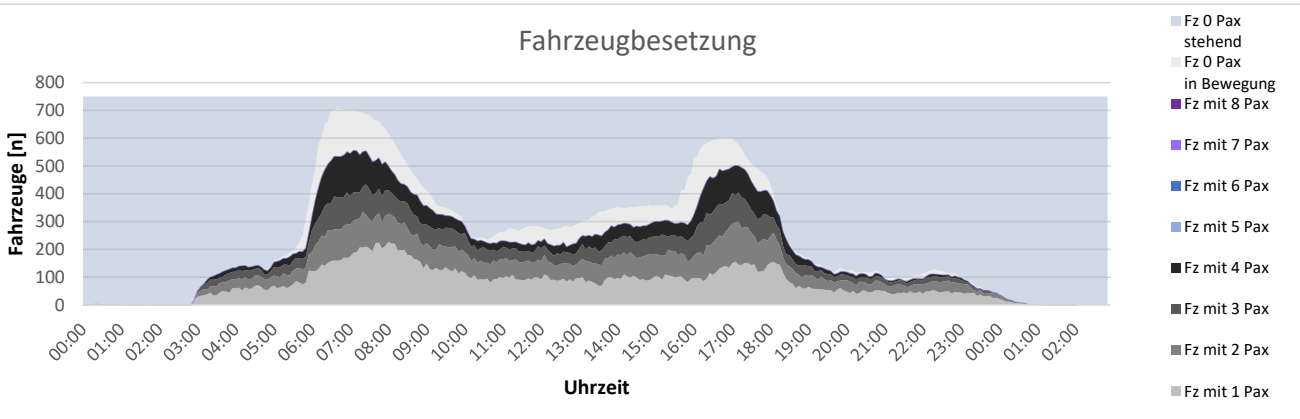
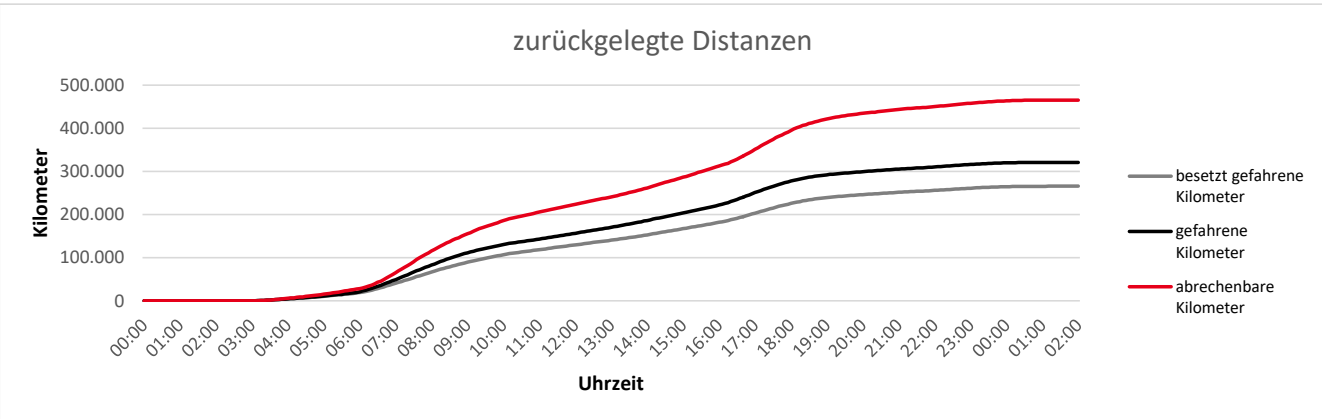
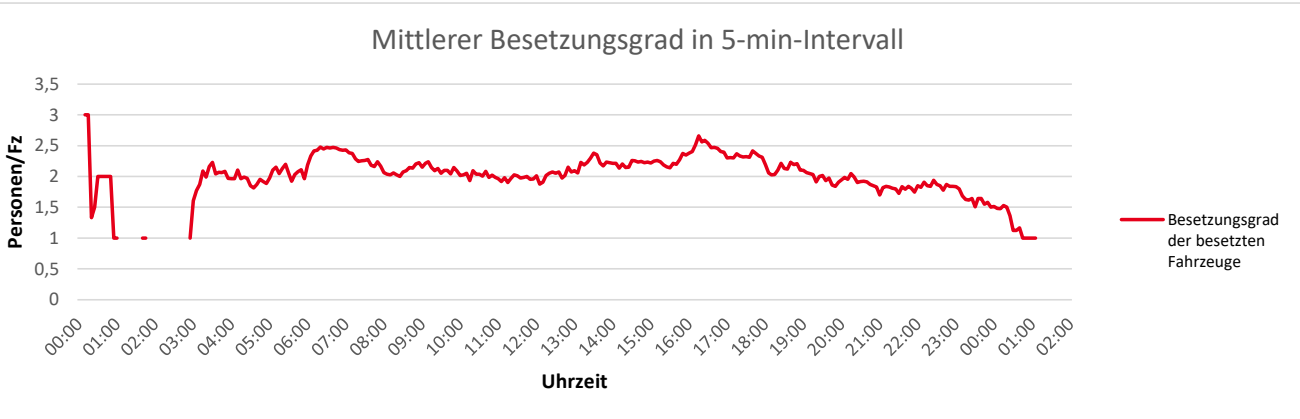
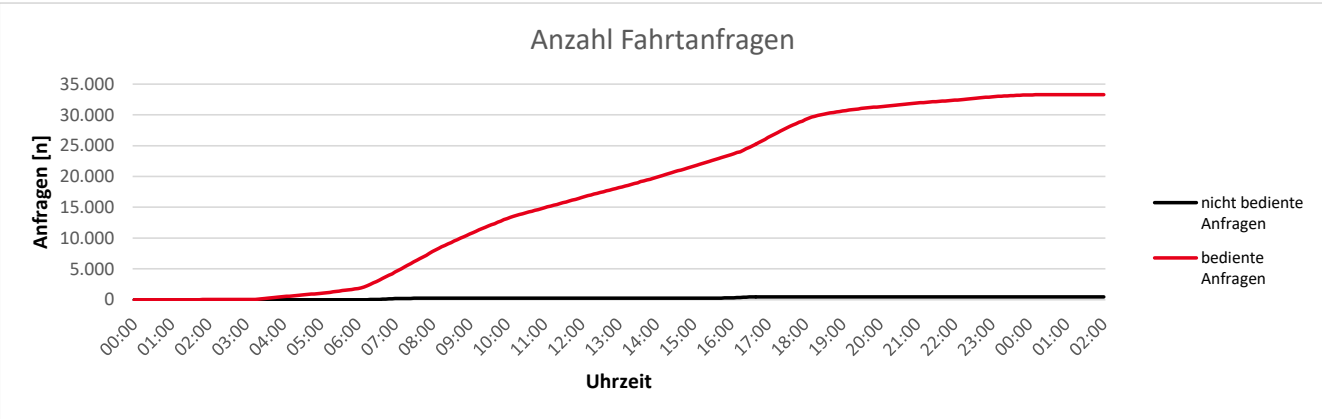
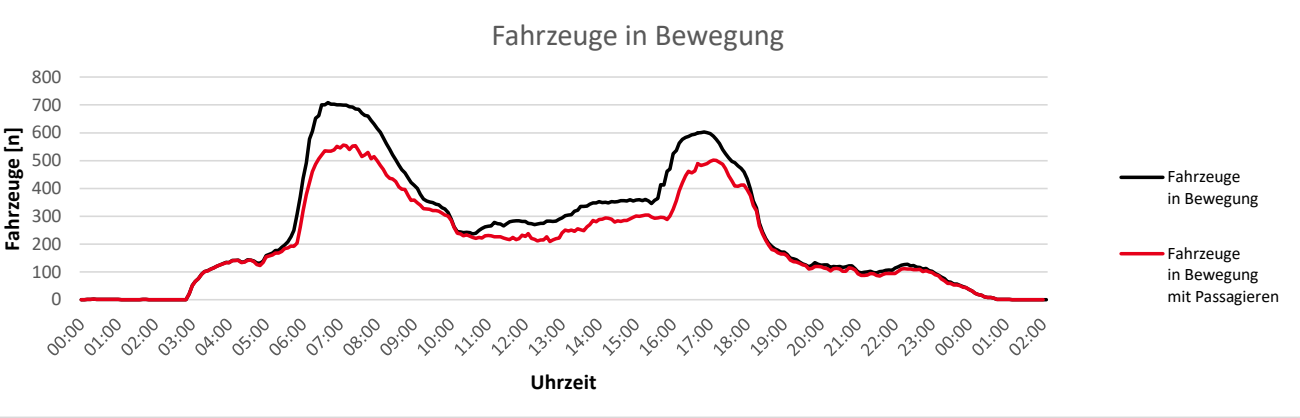
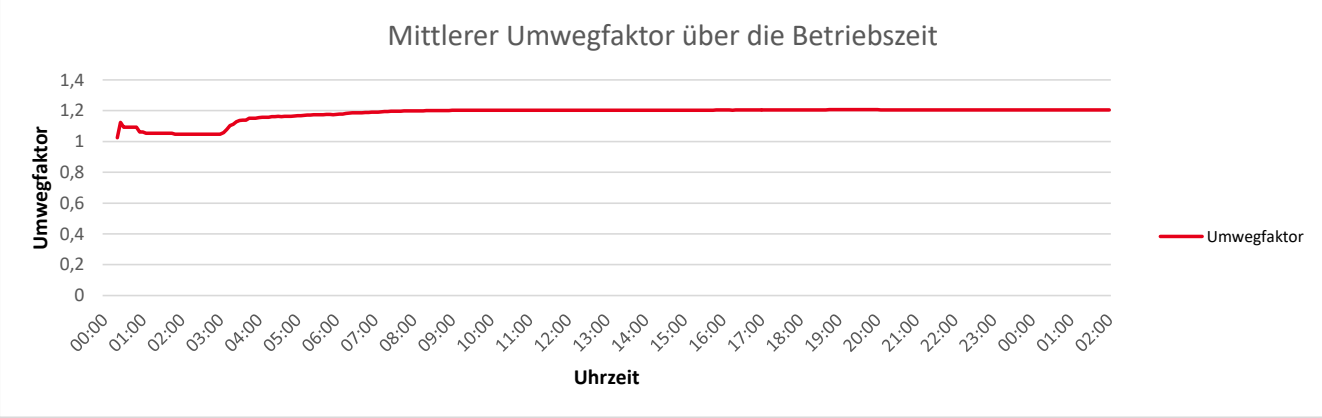
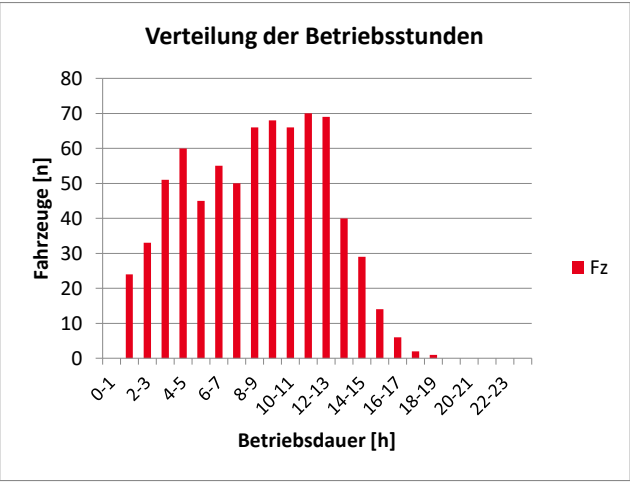
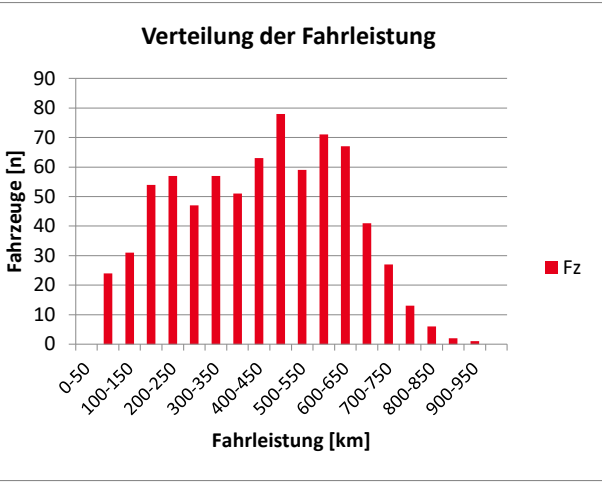
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 6.4 Z 4.1: Voranmeldung – 30 min (2030)

Z4-1_Vor_2030_1

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33922723			
Erwerbstätige	48	1,4	30	5
Schüler	21	1,4	30	5
Auszubildende	58	1,4	30	5
Rentner	46	1,4	30	1
Sonstige	55	1,4	30	5

Fahrzeuge:	750
Anteil 4 Sitzplätze:	100%
Anteil 8 Sitzplätze:	0.0%
Tabelle:	2030_3
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten



Z 4.2: Voranmeldung spontan – 6 min (2030)**Szenario: Z 4.2 2030: Morphologischer Kasten Voranmeldung spontan – 6 min**

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %		„100 %“ ~ 75 %	
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %		25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: Z 4.2 2030 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umweg	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,30060881			
Erwerbstätige	48	1,4	30	5
Schüler	21	1,4	30	5
Auszubildende	58	1,4	30	5
Rentner	46	1,4	30	1
Sonstige	55	1,4	30	5

Fahrzeuge:	1000
Anteil 4 Sitzplätze:	100%
Anteil 8 Sitzplätze:	0.0%
Tabelle:	2030_3
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	innerhalb des Landkreises
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten

Szenario: Z 4.2 2030: Ergebnisse Voranmeldung spontan – 6 min

Szenario	Z 4.2 2030		
Nachfrageliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	33.766	33.832	33.821
Fahrtanfragen bedient [-]	31.010	30.786	31.175
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	2.756	3.046	2.646
daraus erreichter Modal Split	33,92%	33,99%	33,98%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	8,16%	9,00%	7,82%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	300.671	300.713	300.879
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	255.557	255.748	255.854
abrechenbare Personenkilometer [km]	433.158	438.073	436.394
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	45.114	44.965	45.025
Anteil Leerkilometer	15,00%	14,95%	14,96%
Anteil abrechenbare Kilometer *	144,06%	145,68%	145,04%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	750	750	750
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	641	646	632
max. Anzahl mit Passagieren [-]	548	541	541
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	401	401	401
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	469	465	476
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	61	63	55
Maximalwert [km]	910	954	910
Mittelwert [km]	401	401	401
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	578	584	582
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	1:14	1:15	1:06
Maximalwert [hh:mm]	18:09	19:04	18:13
Mittelwert [hh:mm]	8:03	8:02	8:02
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	3	2	3
Maximalwert [Passagiere]	105	110	100
Mittelwert [Passagiere]	41	41	42
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	9,70	9,77	9,65
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	13,97	14,23	14,00

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

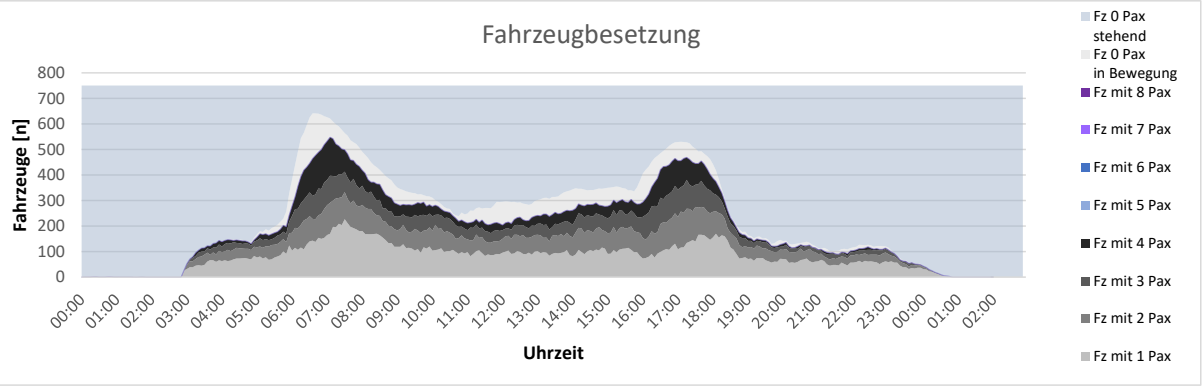
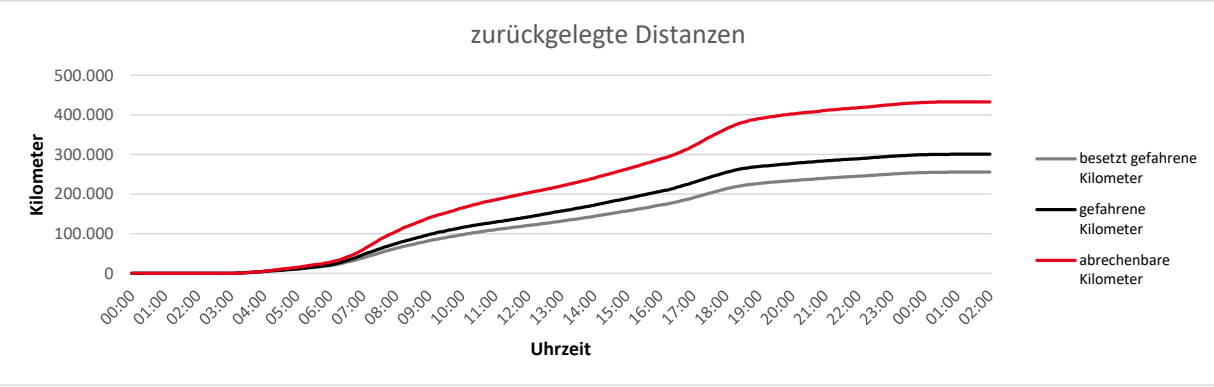
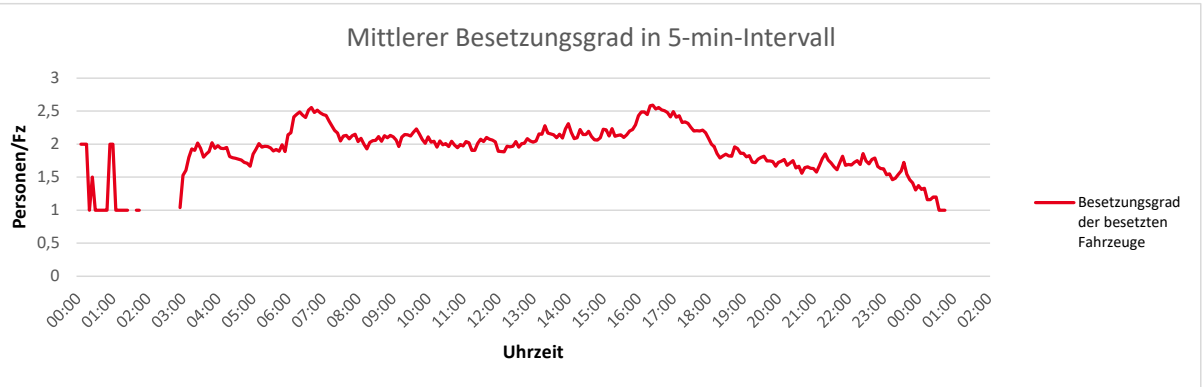
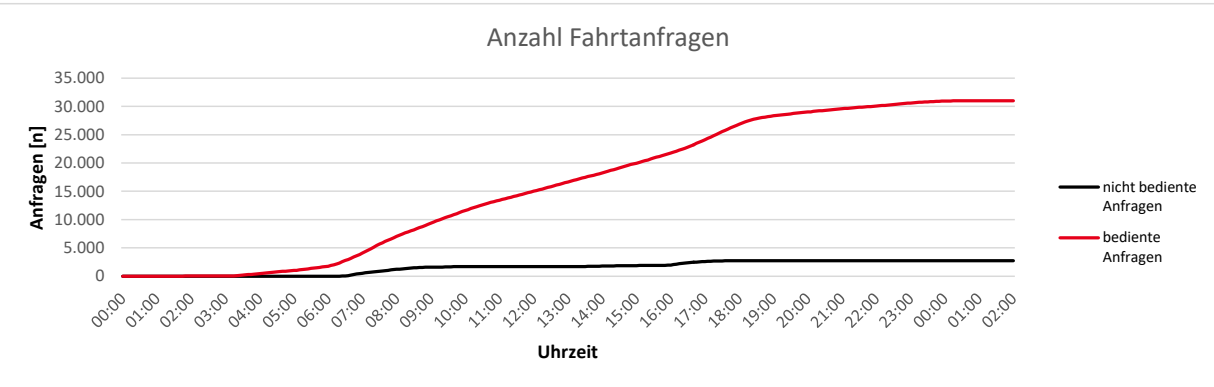
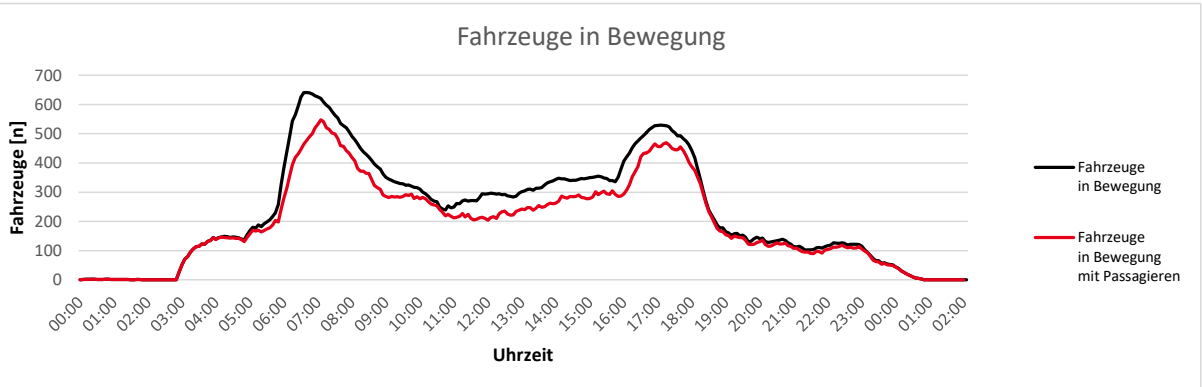
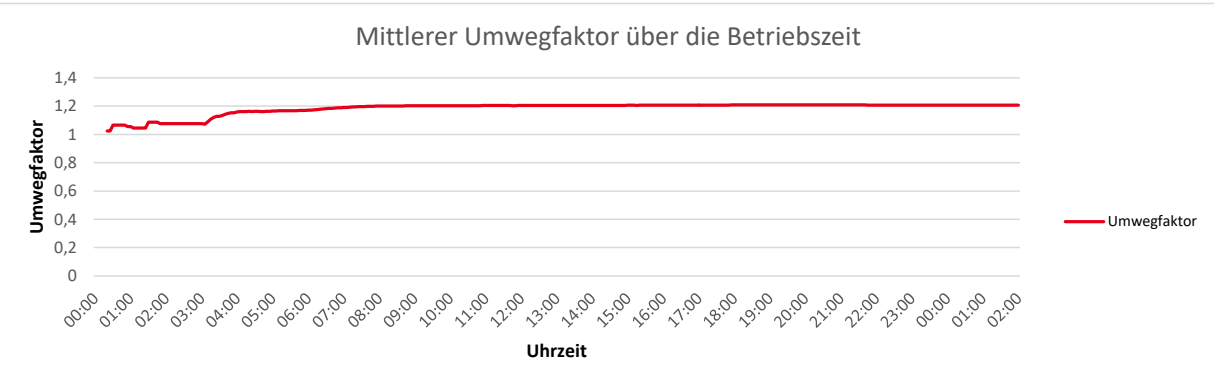
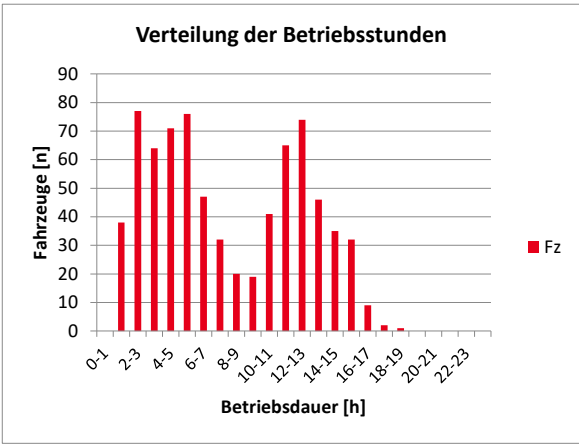
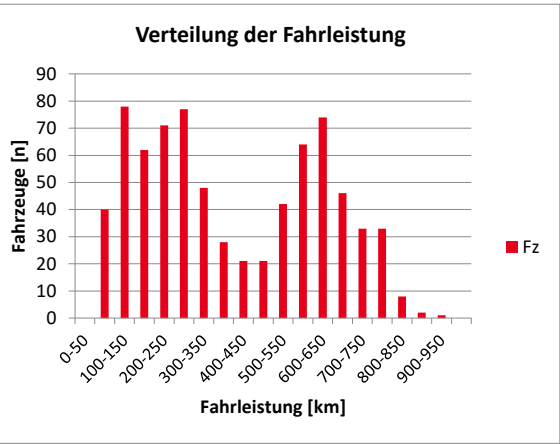
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 6.4 Z 4.2: Voranmeldung spontan – 6 min (2030)

Z4-2_Vor_2030_1

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33922723			
Erwerbstätige	48	1,4	30	5
Schüler	21	1,4	30	5
Auszubildende	58	1,4	30	5
Rentner	46	1,4	30	1
Sonstige	55	1,4	30	5

Fahrzeuge: 750
Anteil 4 Sitzplätze: 100%
Anteil 8 Sitzplätze: 0.0%
Tabelle: 2030_3
Comparator: max. Effizienz
Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite: 2000 Kilometer
Pausendauer: 0 Minuten



Anhang 6.5 Umwegfaktor

6.5 Z 5.1: Umwegfaktor 1,2 (2030)

 Z 5.2: Umwegfaktor 1,0 (2030)

Z 5.1: Umwegfaktor 1,2 (2030)**Szenario: Z 5.1 2012: Morphologischer Kasten Umwegfaktor 1,2**

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %	~ 75 %		
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: Z 5.1 2030 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33922723			
Erwerbstätige	48	1,2	30	5
Schüler	21	1,2	30	5
Auszubildende	58	1,2	30	5
Rentner	46	1,2	30	1
Sonstige	55	1,2	30	5

Fahrzeuge:	750
Anteil 4 Sitzplätze:	100%
Anteil 8 Sitzplätze:	0.0%
Tabelle:	2030_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten

Szenario: Z 5.1 2030: Ergebnisse Umwegfaktor 1,2

Szenario	Z 5.1 2030		
Nachfragerliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	33.766	33.826	33.821
Fahrtanfragen bedient [-]	33.727	33.784	33.817
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	39	42	4
daraus erreichter Modal Split	33,92%	33,98%	33,98%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,12%	0,12%	0,01%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	338.612	337.984	335.352
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	268.110	267.908	266.476
abrechenbare Personenkilometer [km]	476.257	480.280	474.974
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	70.502	70.076	68.876
Anteil Leerkilometer	20,82%	20,73%	20,54%
Anteil abrechenbare Kilometer *	140,65%	142,10%	141,63%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	750	750	750
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	750	750	742
max. Anzahl mit Passagieren [-]	582	589	564
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	451	451	447
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	451	451	452
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	102	81	77
Maximalwert [km]	885	827	885
Mittelwert [km]	451	450	447
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	635	640	633
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	2:01	1:38	1:32
Maximalwert [hh:mm]	17:44	16:44	17:45
Mittelwert [hh:mm]	9:03	9:02	8:58
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	5	6	5
Maximalwert [Passagiere]	114	92	93
Mittelwert [Passagiere]	45	45	45
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	10,04	10,00	9,92
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,12	14,22	14,05

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

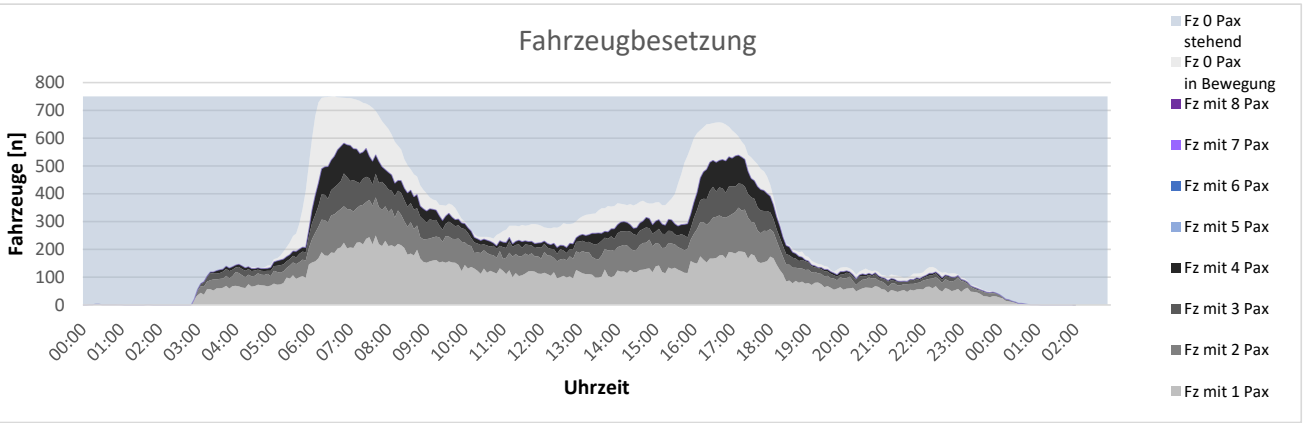
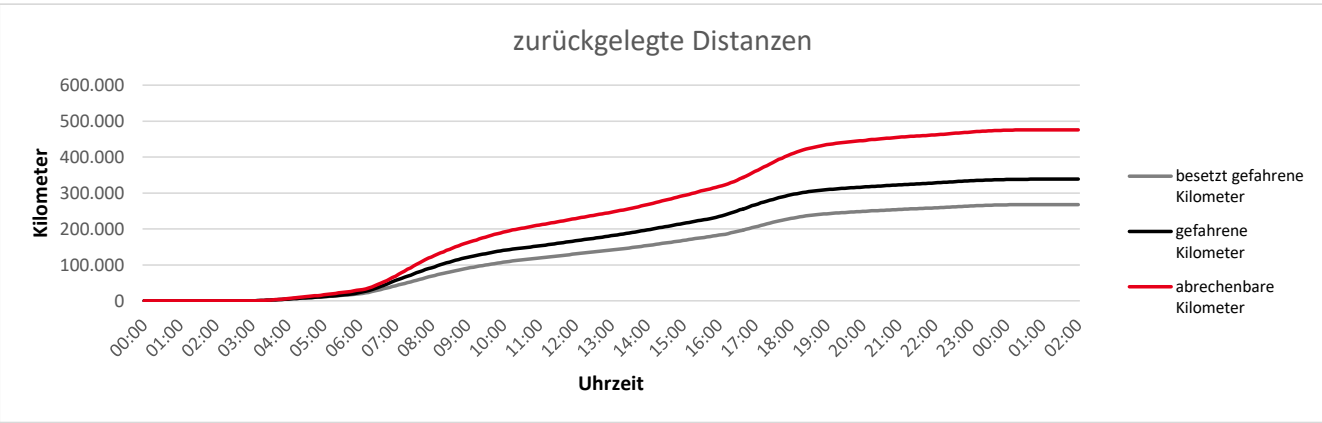
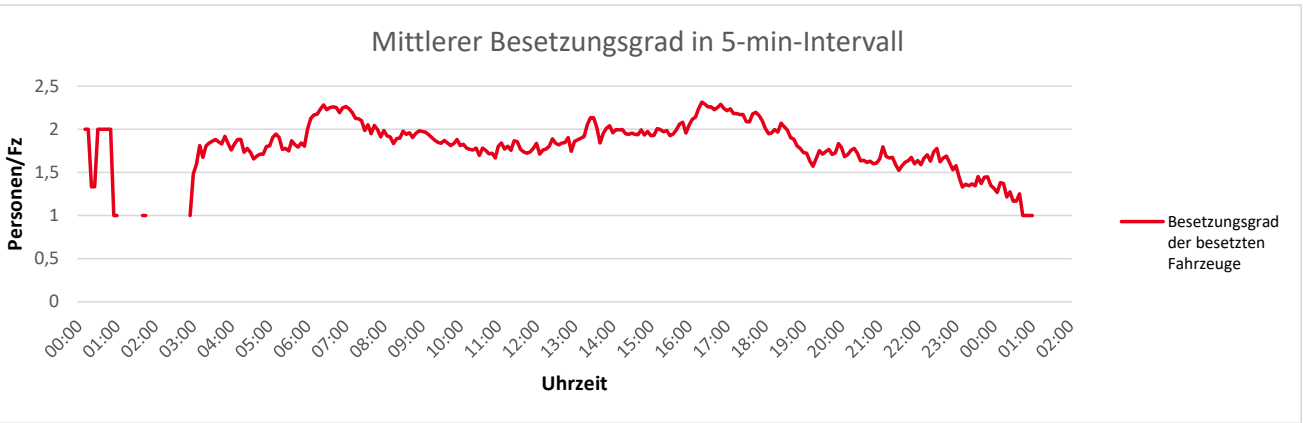
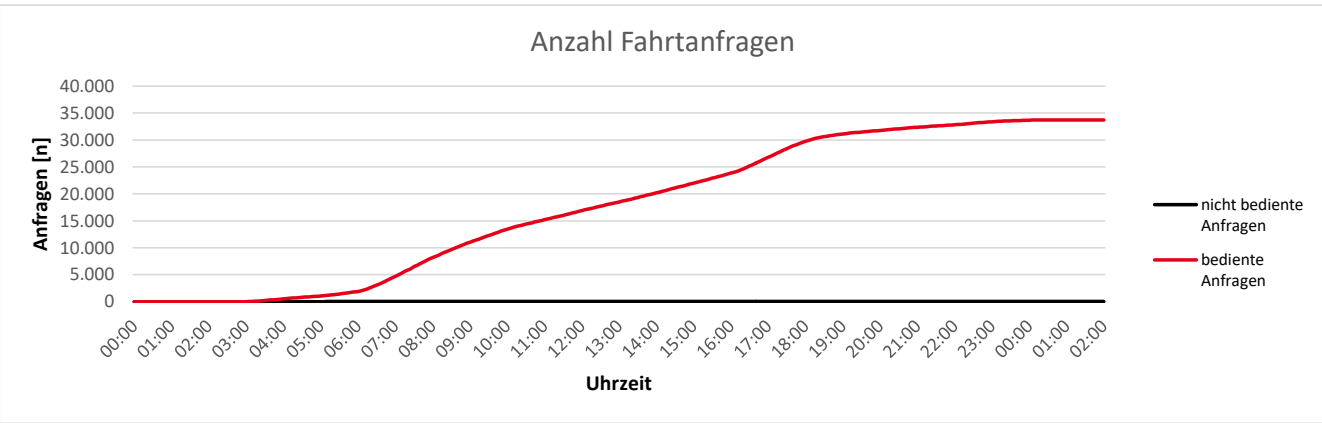
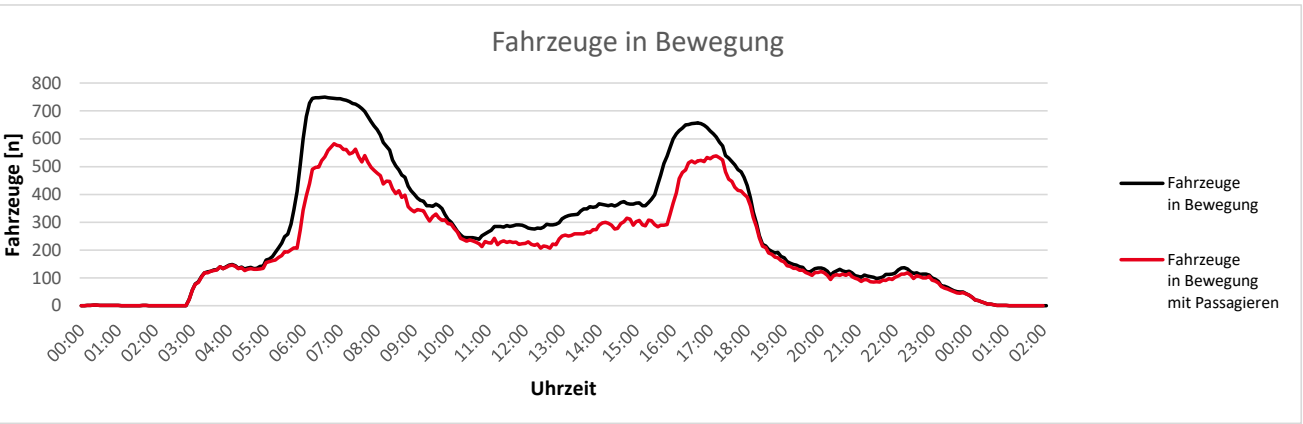
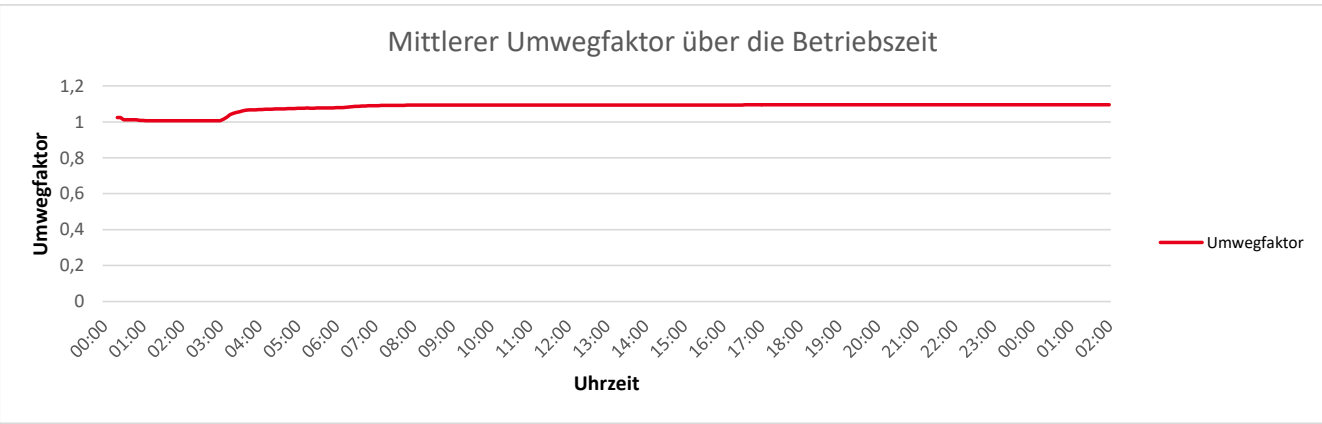
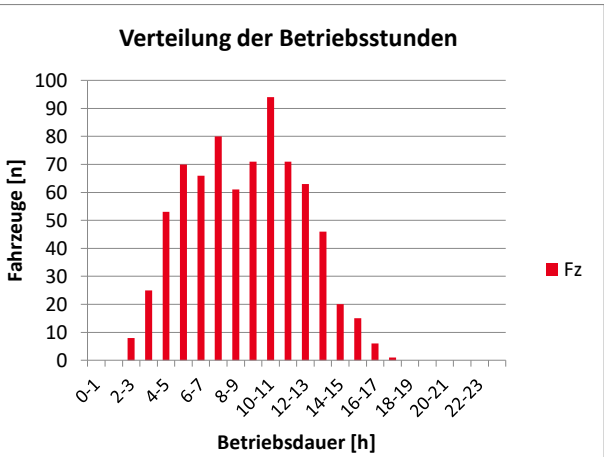
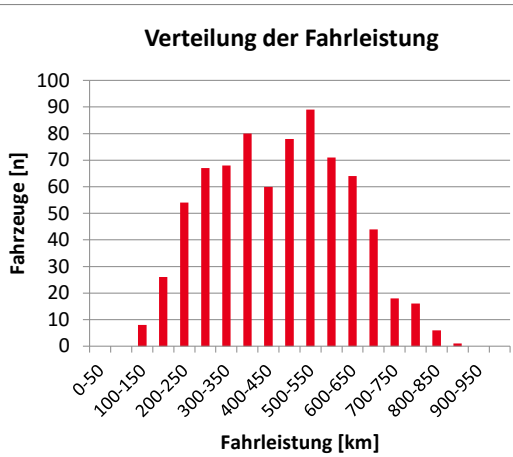
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 6.5 Z 5.1: Umwegfaktor 1,2 (2030)

Z5-1_UMWEG_2030_1

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33922723			
Erwerbstätige	48	1,2	30	5
Schüler	21	1,2	30	5
Auszubildende	58	1,2	30	5
Rentner	46	1,2	30	1
Sonstige	55	1,2	30	5

Fahrzeuge: 750
Anteil 4 Sitzplätze: 100%
Anteil 8 Sitzplätze: 0.0%
Tabelle: 2030_1
Comparator: max. Effizienz
Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite: 2000 Kilometer
Pausendauer: 0 Minuten



Z 5.2: Umwegfaktor 1,0 (2030)**Szenario: Z 5.2 2030: Morphologischer Kasten Umwegfaktor 1,0**

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %	~ 75 %		
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: Z 5.2 2030 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33922723			
Erwerbstätige	48	1	30	5
Schüler	21	1	30	5
Auszubildende	58	1	30	5
Rentner	46	1	30	1
Sonstige	55	1	30	5

Fahrzeuge: 750
 Anteil 4 Sitzplätze: 100%
 Anteil 8 Sitzplätze: 0.0%
 Tabelle: 2030_1
 Comparator: max. Effizienz
 Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
 Reichweite: 2000 Kilometer
 Pausendauer: 0 Minuten

Szenario: Z 5.2 2030: Ergebnisse Umwegfaktor 1,0

Szenario	Z 5.2 2030		
Nachfragerliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	33.766	33.766	33.766
Fahrtanfragen bedient [-]	33.733	33.733	33.733
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	33	33	33
daraus erreichter Modal Split	33,92%	33,92%	33,92%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,10%	0,10%	0,10%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	606.387	606.387	606.387
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	441.540	441.540	441.540
abrechenbare Personenkilometer [km]	476.254	476.254	476.254
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	164.848	164.848	164.848
Anteil Leerkilometer	27,19%	27,19%	27,19%
Anteil abrechenbare Kilometer *	78,54%	78,54%	78,54%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	1500	1500	1500
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	1494	1494	1494
max. Anzahl mit Passagieren [-]	1033	1033	1033
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	404	404	404
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	406	406	406
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	89	89	89
Maximalwert [km]	802	802	802
Mittelwert [km]	404	404	404
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	318	318	318
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	1:45	1:45	1:45
Maximalwert [hh:mm]	16:03	16:03	16:03
Mittelwert [hh:mm]	8:07	8:07	8:07
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	3	3	3
Maximalwert [Passagiere]	50	50	50
Mittelwert [Passagiere]	22	22	22
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	17,98	17,98	17,98
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,12	14,12	14,12

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

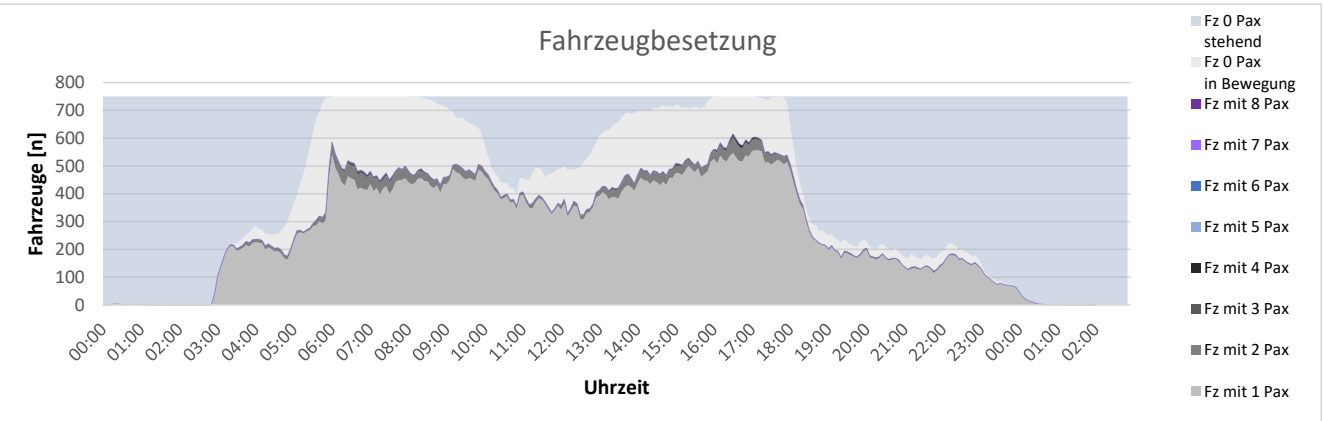
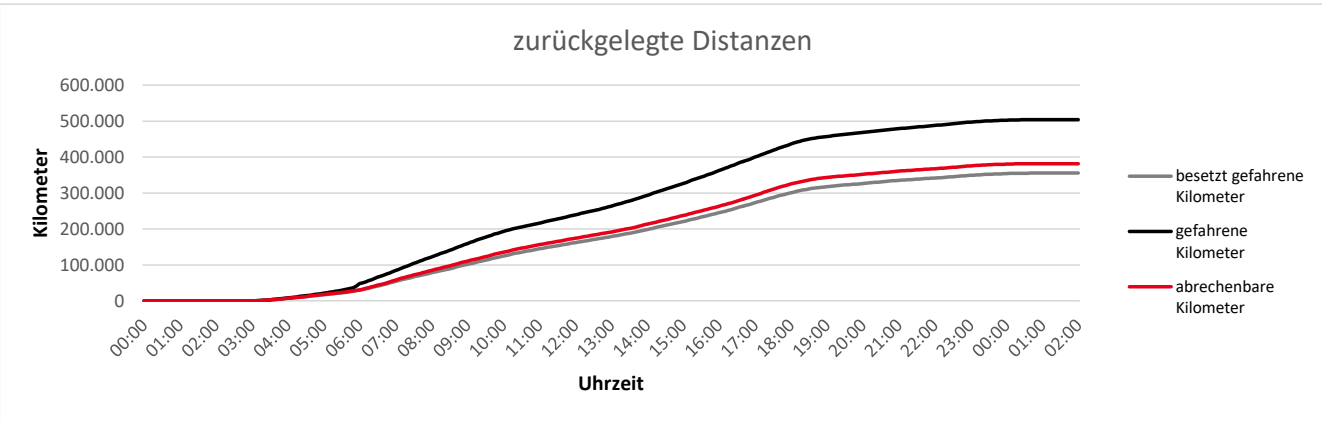
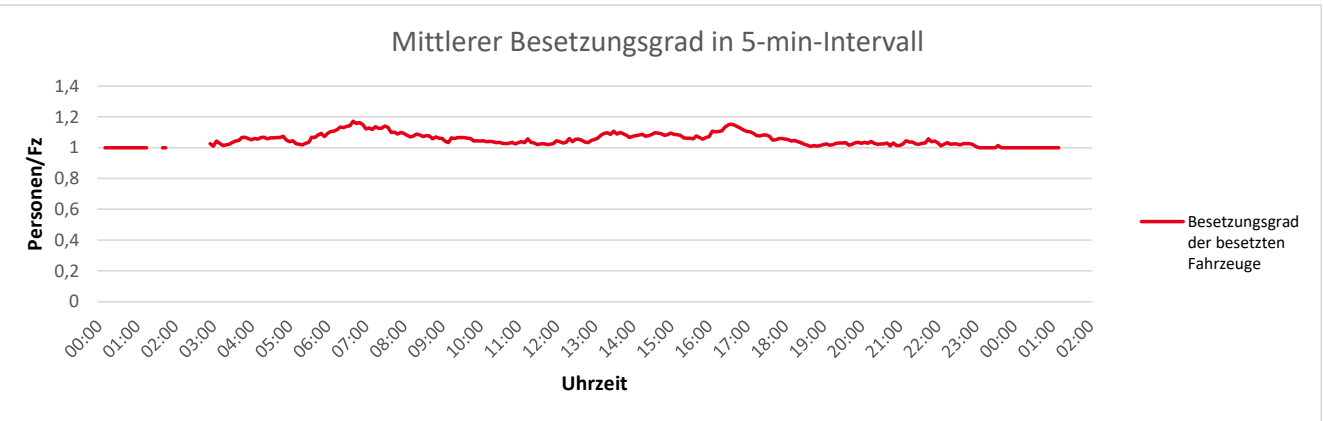
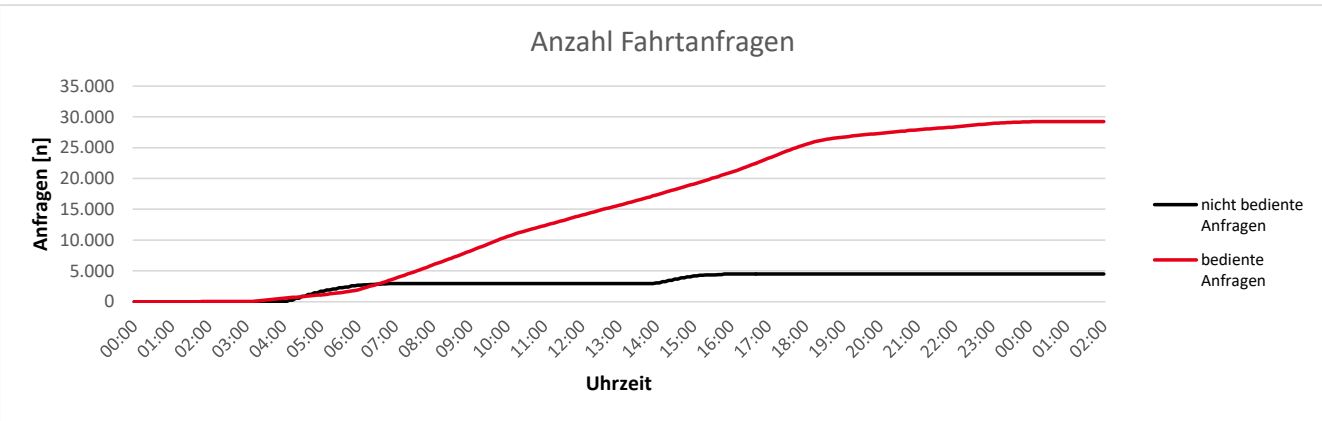
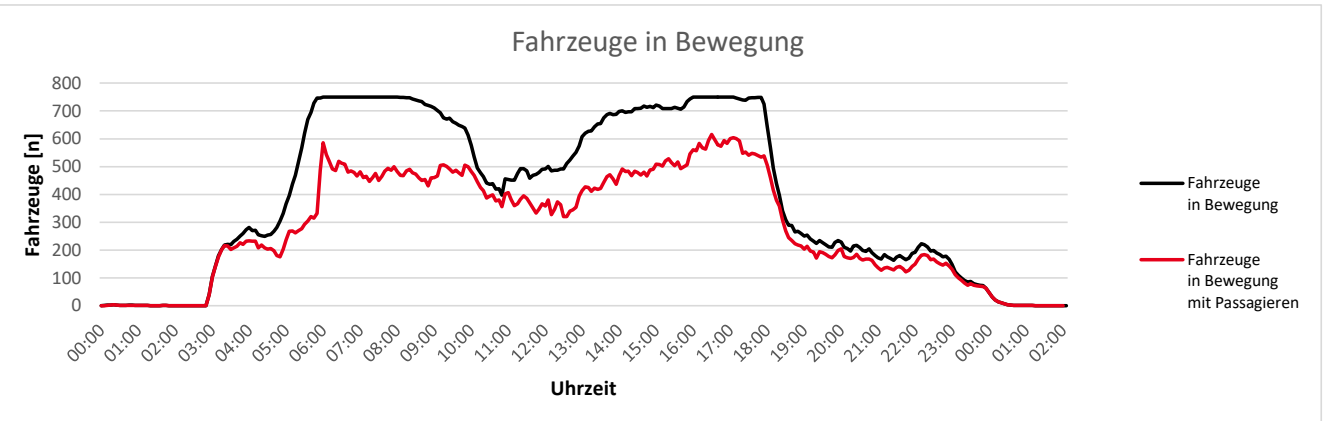
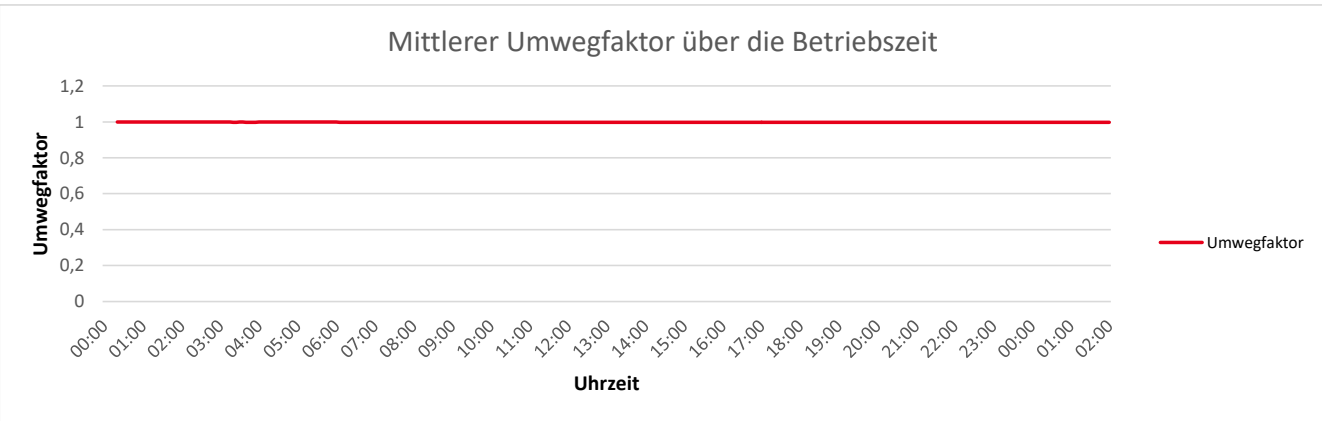
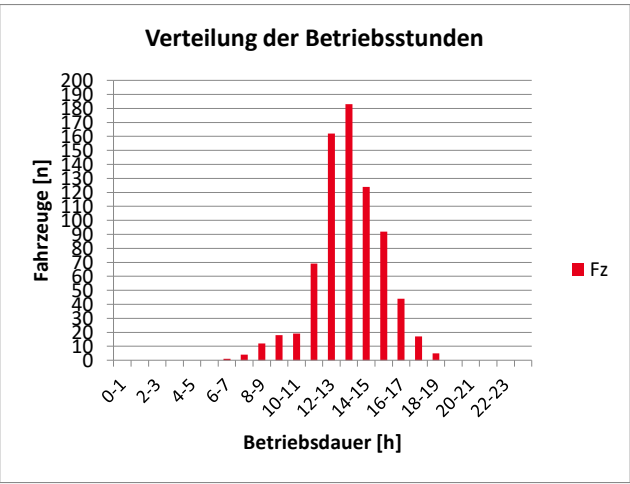
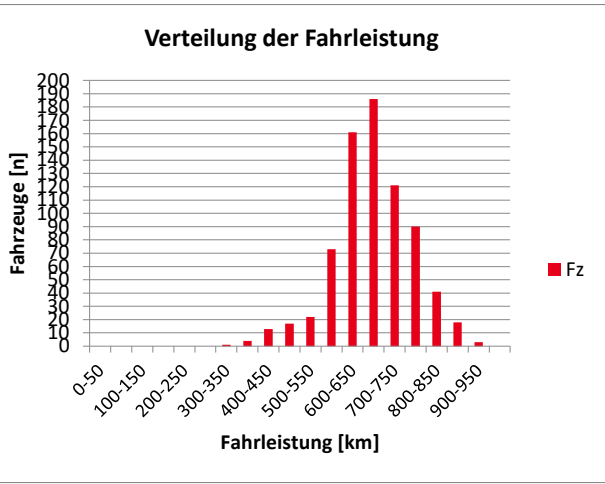
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 6.5 Z 5.2: Umwegfaktor 1,0 (2030)

Z5-2_UMWEG_2030_1

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33922723			
Erwerbstätige	48	1	30	5
Schüler	21	1	30	5
Auszubildende	58	1	30	5
Rentner	46	1	30	1
Sonstige	55	1	30	5

Fahrzeuge:	750
Anteil 4 Sitzplätze:	100%
Anteil 8 Sitzplätze:	0.0%
Tabelle:	2030_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten



Anhang 6.6 Fahrzeuge mit Batterie

Z 6: BEV Batterieelektrische Fahrzeuge (2030)**Szenario: Z 6 2030: Morphologischer Kasten BEV Batterieelektrische Fahrzeuge**

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %		~ 75 %	
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer)	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: Z 6 2030: (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33659507			
Erwerbstätige	48	1,4	30	5
Schüler	21	1,4	30	5
Auszubildende	58	1,4	30	5
Rentner	46	1,4	30	1
Sonstige	55	1,4	30	5

Fahrzeuge: 750
 Anteil 4 Sitzplätze: 100%
 Anteil 8 Sitzplätze: 0.0%
 Tabelle: 2030_1
 Comparator: max. Effizienz
 Untersuchungsraum Landkreis + relevante Städte außerhalb
 Reichweite: 350 Kilometer

Szenario: Z 6 2030: Ergebnisse BEV Batterieelektrische Fahrzeuge

Szenario	Z 6 2030		
Nachfrageliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	33.504	33.532	33.570
Fahrtanfragen bedient [-]	33.487	33.505	33.566
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	17	27	4
daraus erreichter Modal Split	33,66%	33,69%	33,73%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,05%	0,08%	0,01%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	347.686	351.141	343.278
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	281.365	282.534	278.879
abrechenbare Personenkilometer [km]	472.197	473.615	471.140
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	66.320	68.608	64.400
Anteil Leerkilometer	19,07%	19,54%	18,76%
Anteil abrechenbare Kilometer *	135,81%	134,88%	137,25%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	750	750	750
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	749	748	726
max. Anzahl mit Passagieren [-]	594	614	603
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	464	468	458
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	464	469	473
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	154	159	123
Maximalwert [km]	898	913	842
Mittelwert [km]	463	468	457
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	630	631	628
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	3:08	3:12	2:31
Maximalwert [hh:mm]	17:51	18:39	16:47
Mittelwert [hh:mm]	9:17	9:23	9:11
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	9	10	7
Maximalwert [Passagiere]	95	90	93
Mittelwert [Passagiere]	45	45	45
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	10,38	10,48	10,23
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,10	14,14	14,04

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

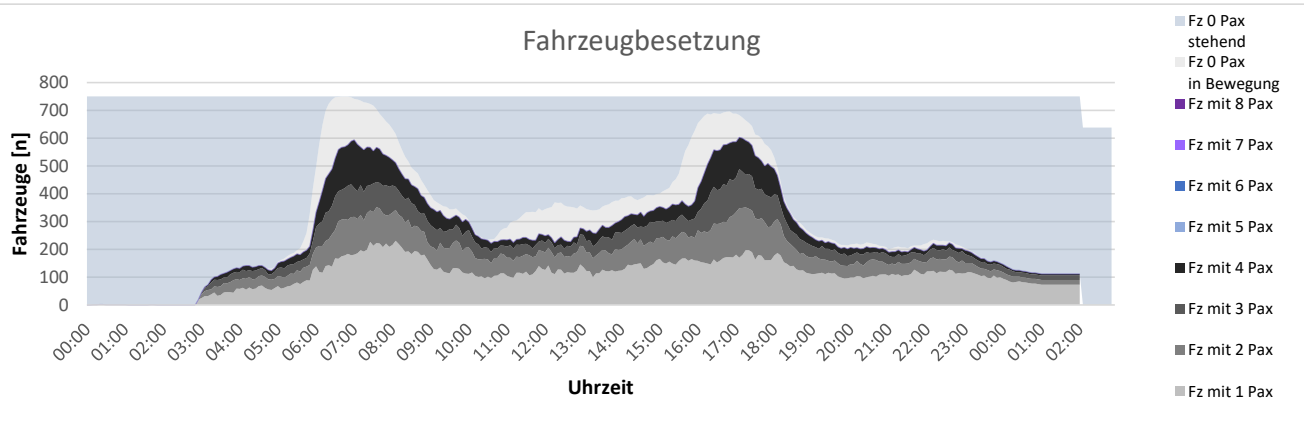
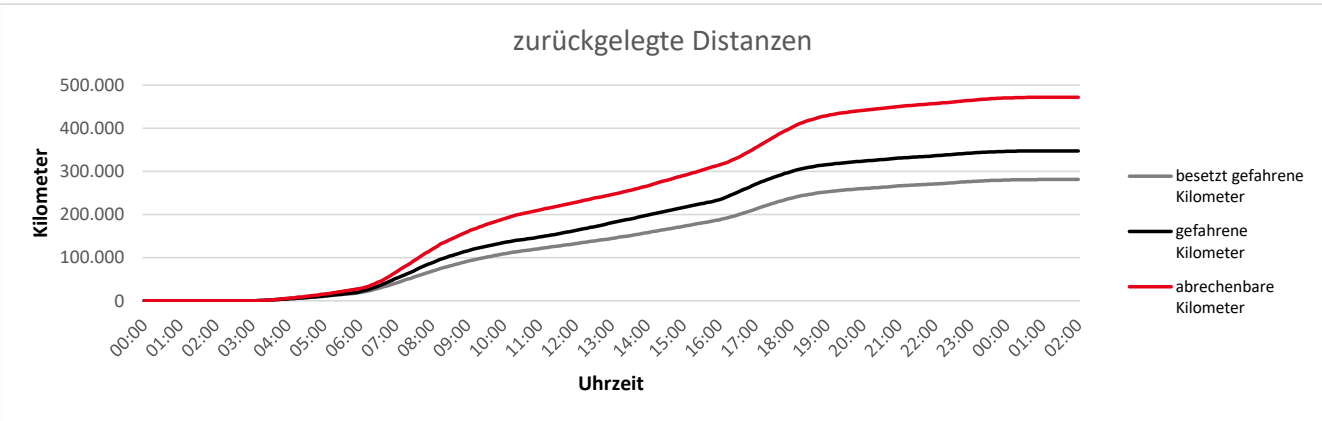
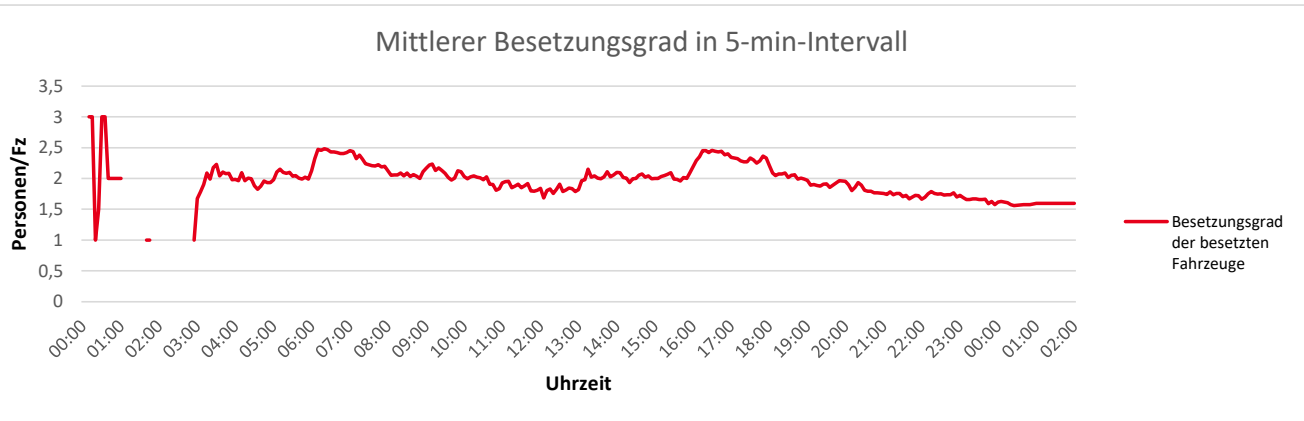
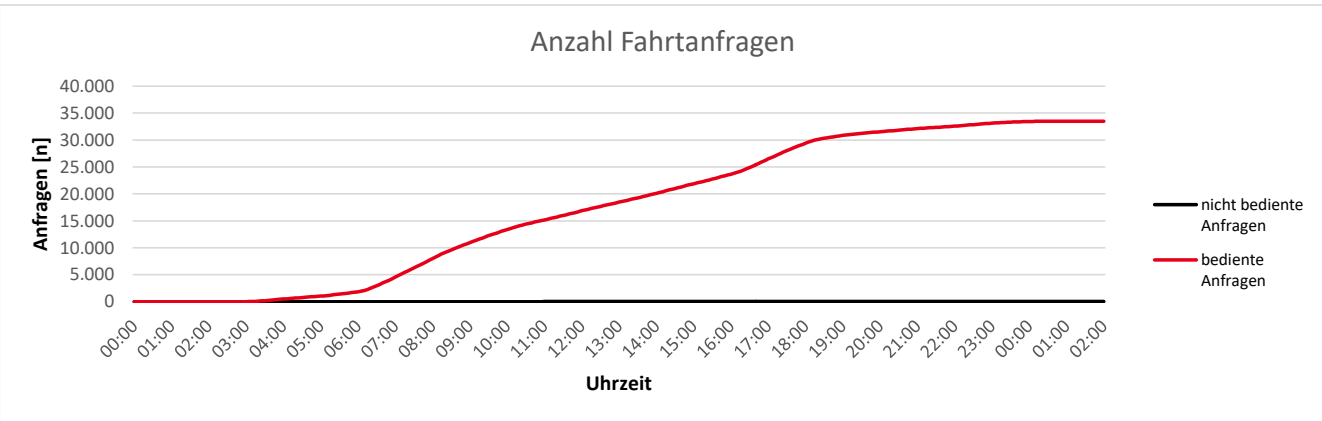
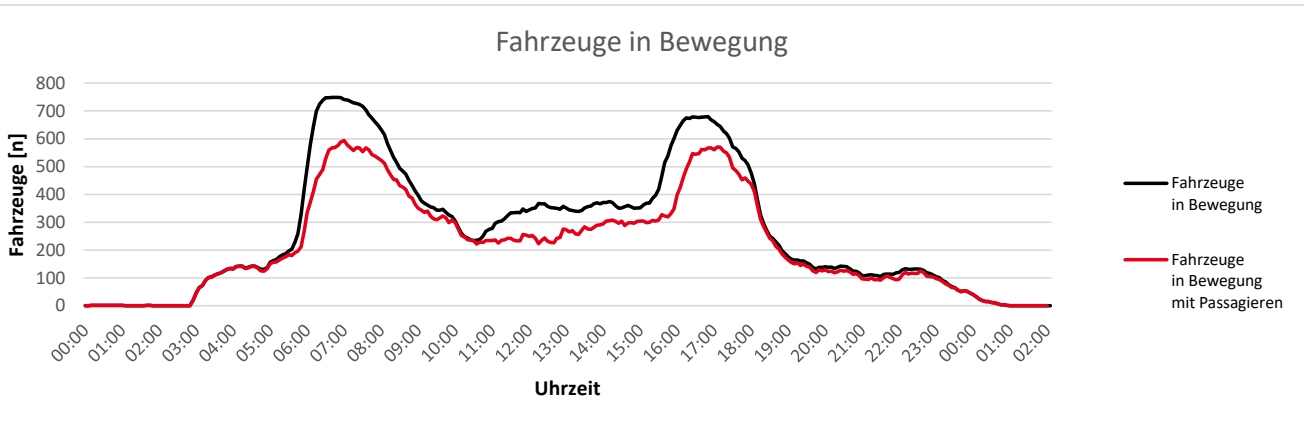
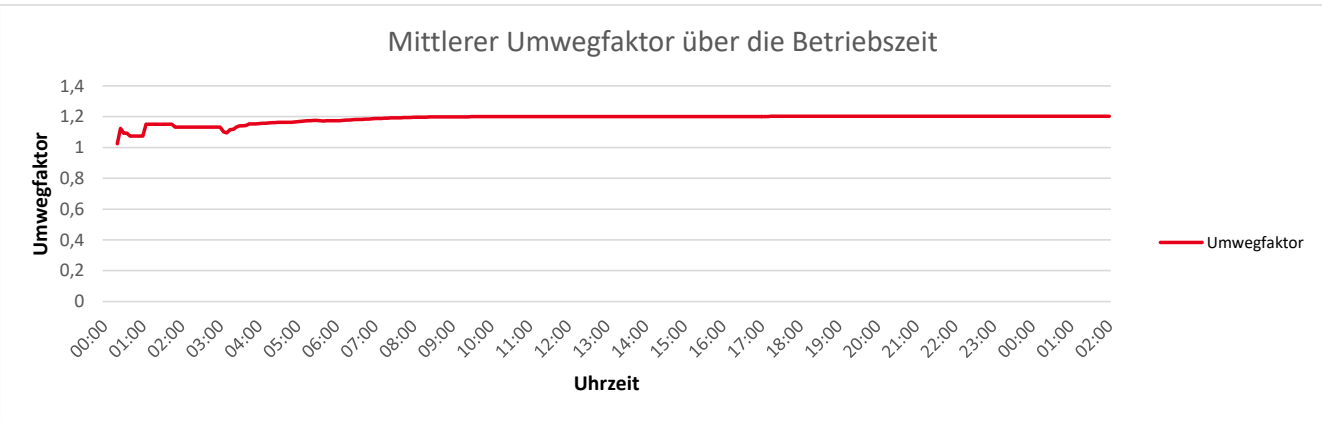
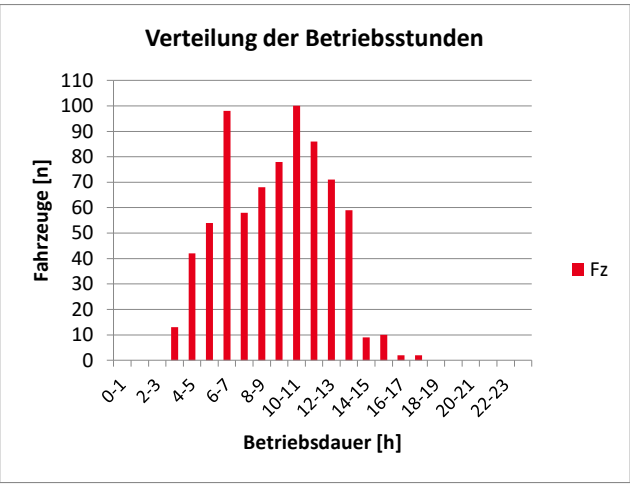
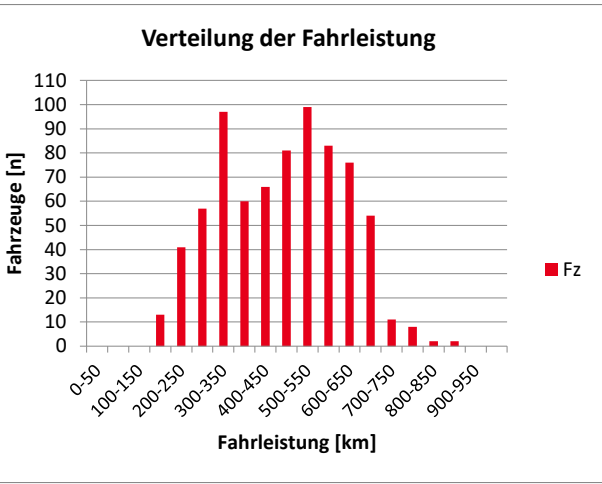
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 6.6 Z 6: BEV Batterieelektrische Fahrzeuge (2030)

Z6_Batterie_2030_1

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33659507			
Erwerbstätige	48	1,4	30	5
Schüler	21	1,4	30	5
Auszubildende	58	1,4	30	5
Rentner	46	1,4	30	1
Sonstige	55	1,4	30	5

Fahrzeuge: 750
Anteil 4 Sitzplätze: 100%
Anteil 8 Sitzplätze: 0.0%
Tabelle: 2030_1
Comparator: max. Effizienz
Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite: 350 Kilometer
Pausendauer: 60 Minuten



Anhang 6.7 alternativer Tag

- 6.7 Z 7.1: alternativer Tag – Sonntag 750 Fahrzeuge (2030)
 Z 7.2: alternativer Tag – Sonntag 200 Fahrzeuge (2030)

Z 7.1: alternativer Tag – Sonntag 750 Fahrzeuge (2030)**Szenario: Z 7.1 2030: Morphologischer Kasten alternativer Tag – Sonntag 750 Fahrzeuge**

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %		~ 75 %	
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %		25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer)
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: Z 7.1: 2030 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,09795254			
Erwerbstätige	48	1,4	30	5
Schüler	21	1,4	30	5
Auszubildende	58	1,4	30	5
Rentner	46	1,4	30	1
Sonstige	55	1,4	30	5

Fahrzeuge:	750
Anteil 4 Sitzplätze:	100%
Anteil 8 Sitzplätze:	0.0%
Tabelle:	2030_3
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten

Szenario: Z 7.1 2030: Ergebnisse alternativer Tag – Sonntag 750 Fahrzeuge

Szenario	Z 7 2030		
Nachfragerliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	9.750	9.777	9.823
Fahrtanfragen bedient [-]	9.750	9.777	9.823
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	0	0
daraus erreichter Modal Split	9,80%	9,82%	9,87%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,00%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	99.624	101.322	102.058
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	96.715	98.341	98.926
abrechenbare Personenkilometer [km]	158.735	161.385	163.313
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	2.908	2.981	3.132
Anteil Leerkilometer	2,92%	2,94%	3,07%
Anteil abrechenbare Kilometer *	159,33%	159,28%	160,02%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	750	750	750
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	181	183	195
max. Anzahl mit Passagieren [-]	180	178	194
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	133	135	136
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	550	554	523
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	5	5	5
Maximalwert [km]	554	592	618
Mittelwert [km]	139	142	142
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	212	215	218
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	0:05	0:06	0:06
Maximalwert [hh:mm]	11:06	11:53	12:22
Mittelwert [hh:mm]	2:47	2:50	2:50
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	1	1	1
Maximalwert [Passagiere]	45	56	56
Mittelwert [Passagiere]	14	14	14
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	10,22	10,36	10,39
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	16,28	16,51	16,63

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

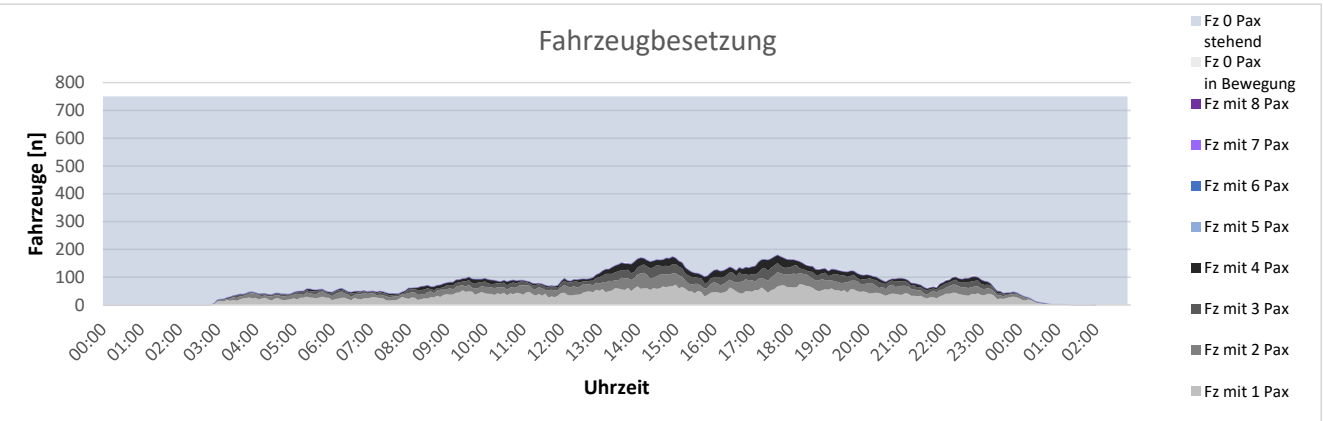
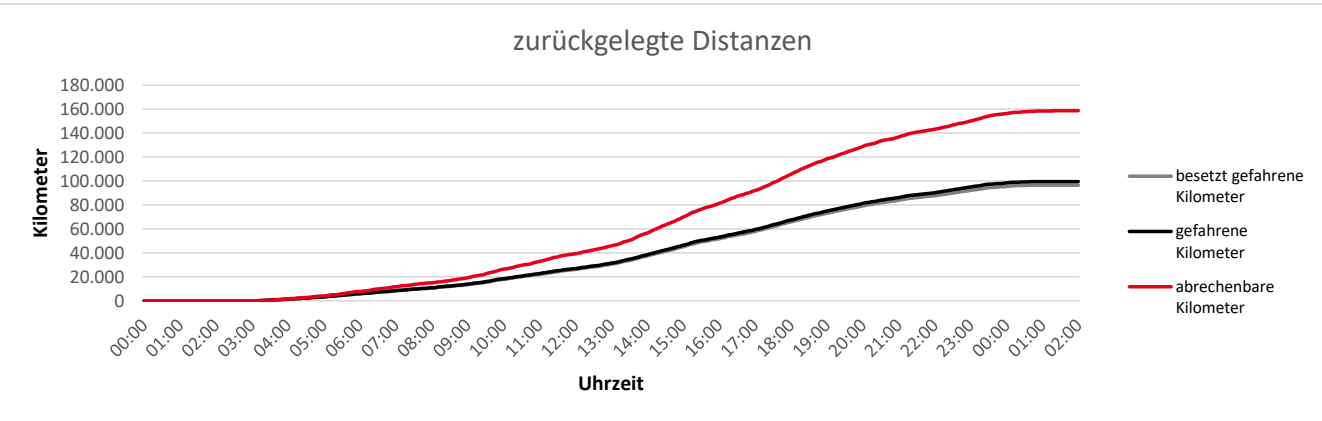
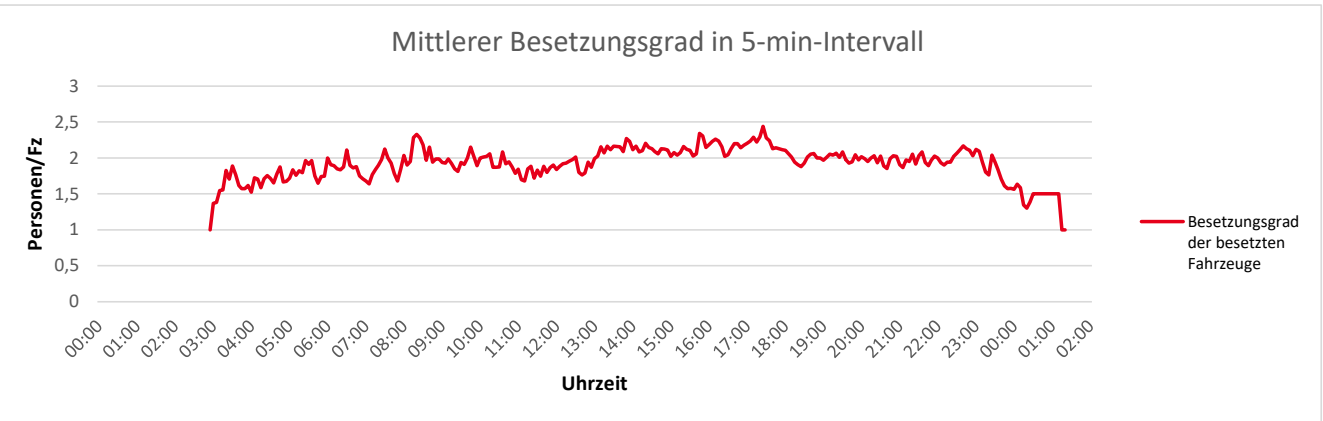
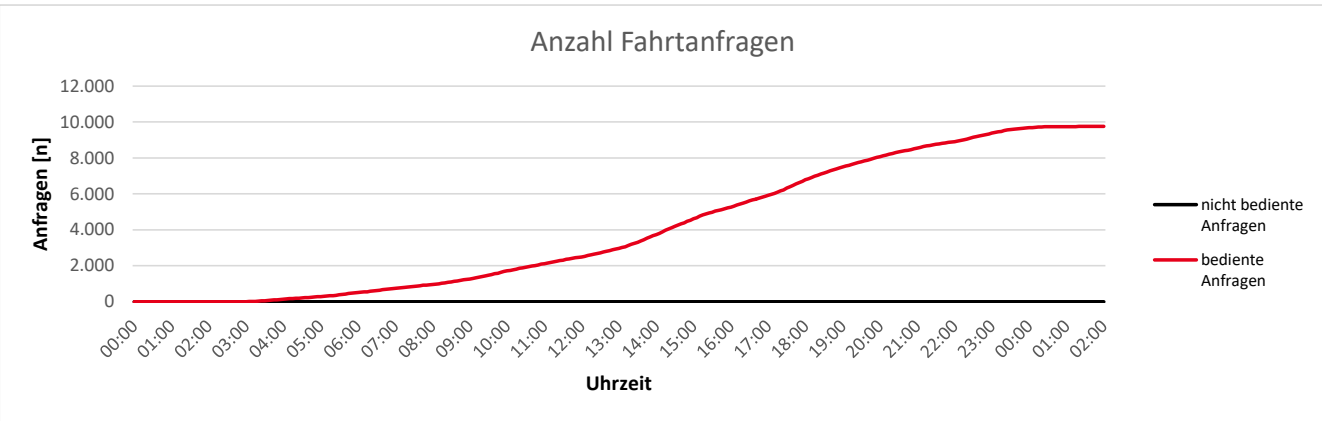
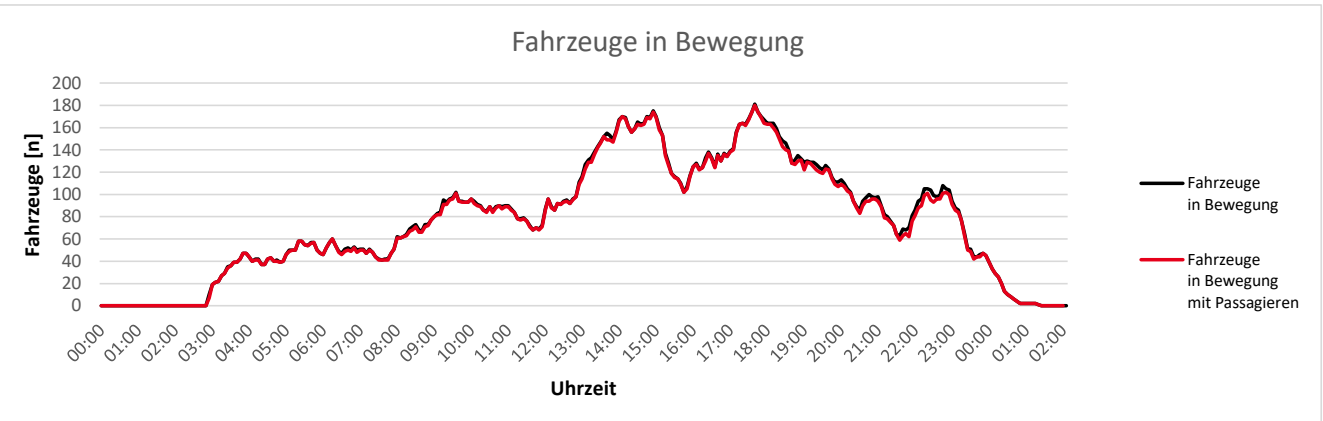
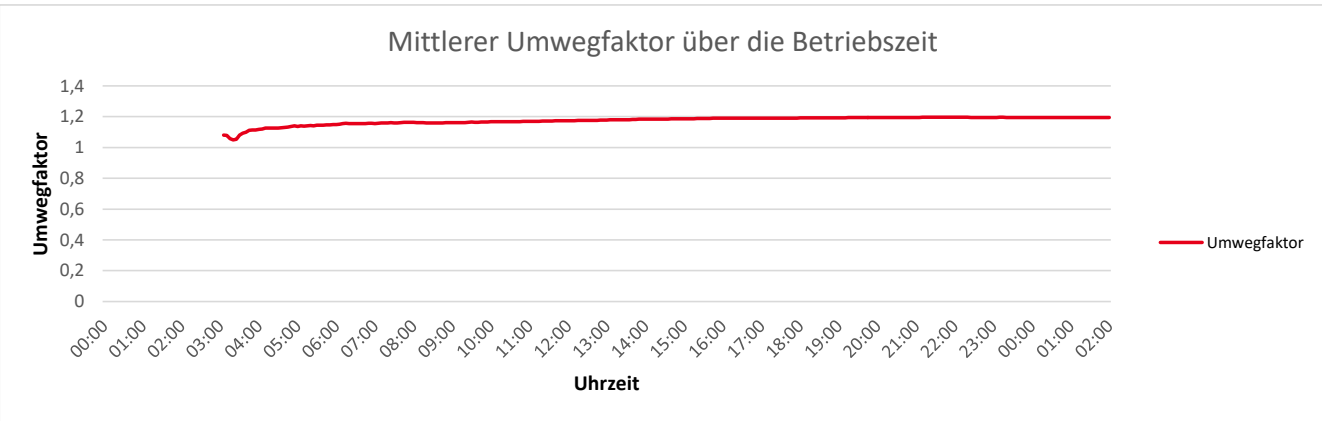
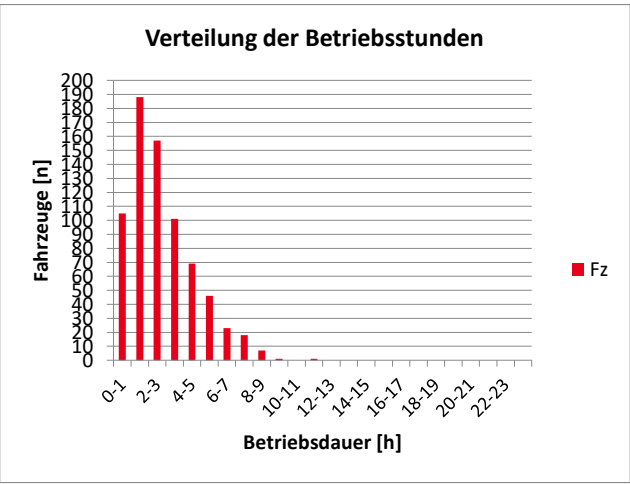
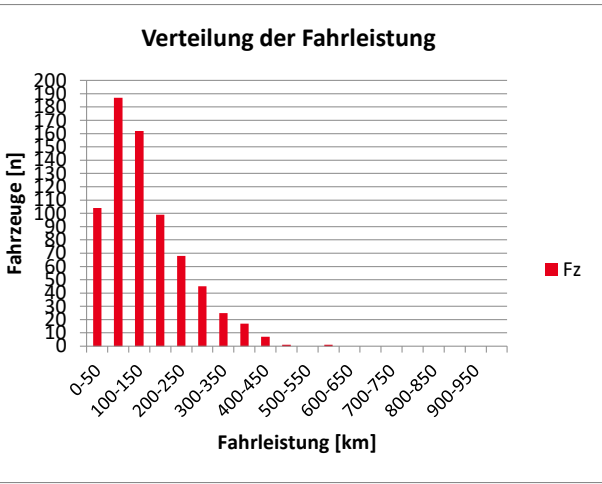
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 6.7 Z 7.1: alternativer Tag – Sonntag 750 Fahrzeuge (2030)

Z7_Sonntag_2030_1

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,09795254			
Erwerbstätige	48	1,4	30	5
Schüler	21	1,4	30	5
Auszubildende	58	1,4	30	5
Rentner	46	1,4	30	1
Sonstige	55	1,4	30	5

Fahrzeuge: 750
Anteil 4 Sitzplätze: 100%
Anteil 8 Sitzplätze: 0.0%
Tabelle: 2030_3
Comparator: max. Effizienz
Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite: 2000 Kilometer
Pausendauer: 0 Minuten



Z 7.2: alternativer Tag – Sonntag 200 Fahrzeuge (2030)**Szenario: Z 7.2 2030: Morphologischer Kasten alternativer Tag – Sonntag 200 Fahrzeuge**

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %		~ 75 %	
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer)	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: Z 7.2: 2030 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,09795254			
Erwerbstätige	48	1,4	30	5
Schüler	21	1,4	30	5
Auszubildende	58	1,4	30	5
Rentner	46	1,4	30	1
Sonstige	55	1,4	30	5

Fahrzeuge:	200
Anteil 4 Sitzplätze:	100%
Anteil 8 Sitzplätze:	0.0%
Tabelle:	2030_3
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten

Szenario: Z 7.2 2030: Ergebnisse alternativer Tag – Sonntag 200 Fahrzeuge

Szenario	Z 7 2030		
Nachfrageliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	9.750	9.777	9.823
Fahrtanfragen bedient [-]	9.750	9.777	9.823
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	0	0
daraus erreichter Modal Split	9,80%	9,82%	9,87%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,00%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	99.624	101.322	102.058
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	96.715	98.341	98.926
abrechenbare Personenkilometer [km]	158.735	161.385	163.313
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	2.908	2.981	3.132
Anteil Leerkilometer	2,92%	2,94%	3,07%
Anteil abrechenbare Kilometer *	159,33%	159,28%	160,02%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	750	750	750
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	181	183	195
max. Anzahl mit Passagieren [-]	180	178	194
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	133	135	136
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	550	554	523
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	5	5	5
Maximalwert [km]	554	592	618
Mittelwert [km]	139	142	142
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	212	215	218
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	0:05	0:06	0:06
Maximalwert [hh:mm]	11:06	11:53	12:22
Mittelwert [hh:mm]	2:47	2:50	2:50
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	1	1	1
Maximalwert [Passagiere]	45	56	56
Mittelwert [Passagiere]	14	14	14
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	10,22	10,36	10,39
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	16,28	16,51	16,63

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

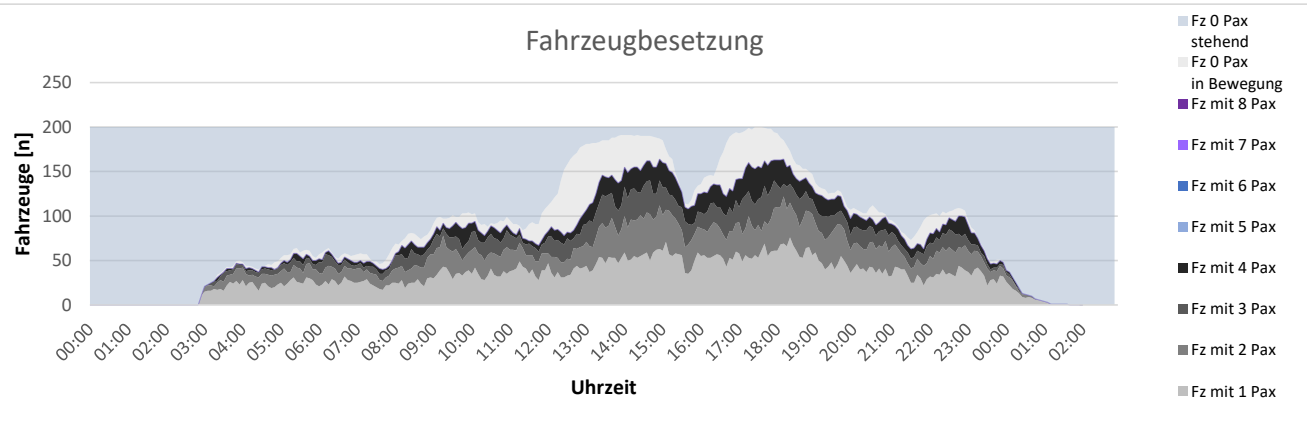
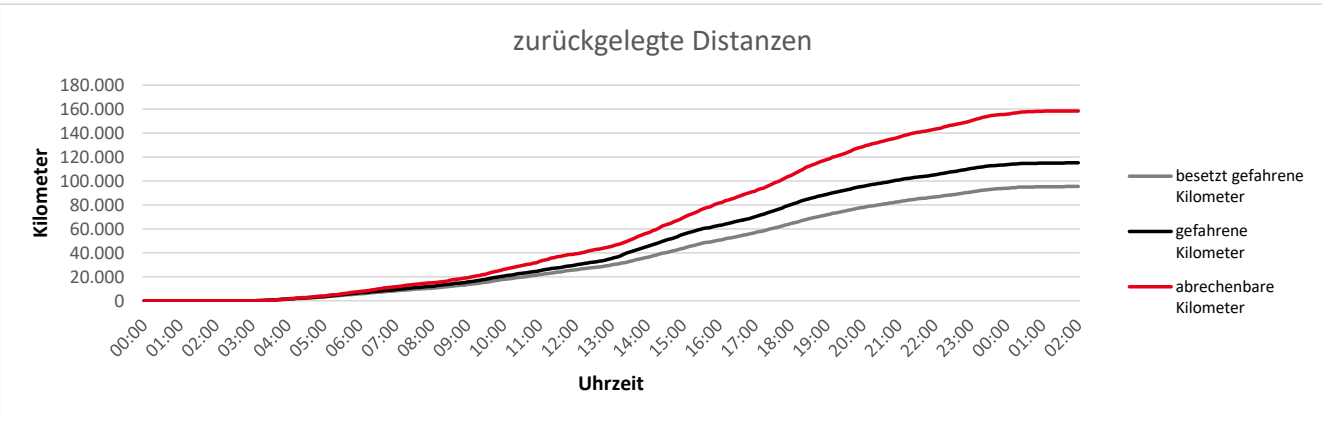
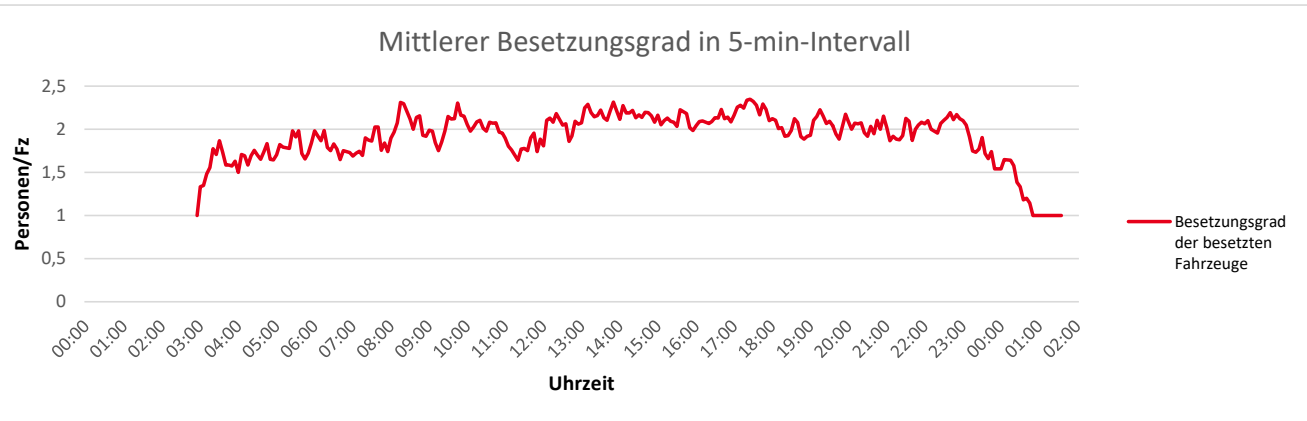
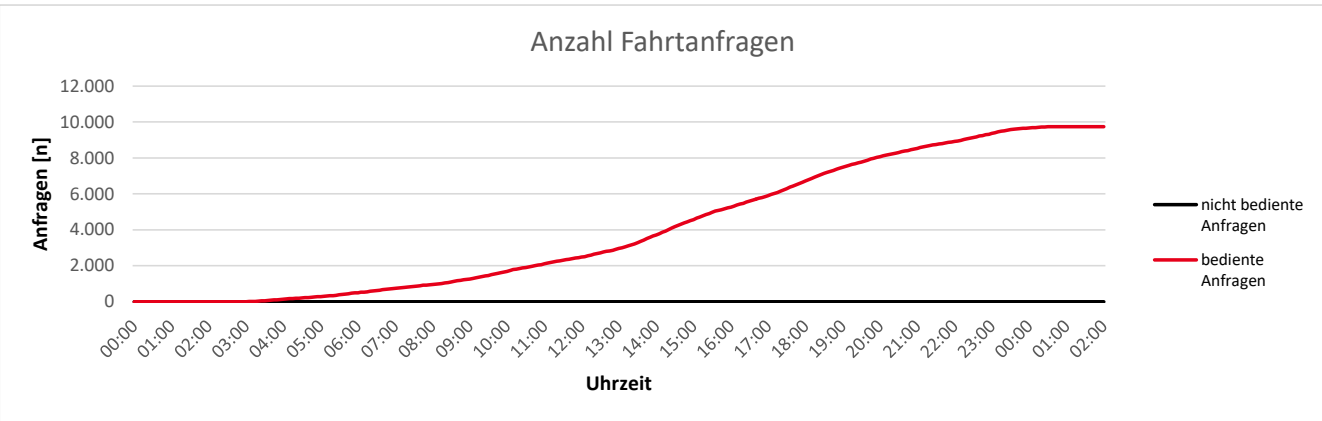
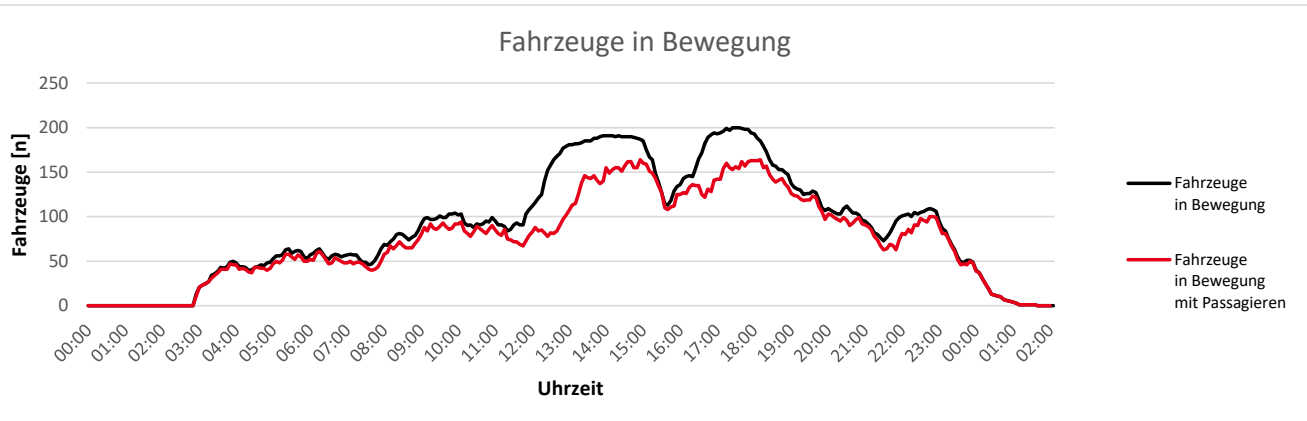
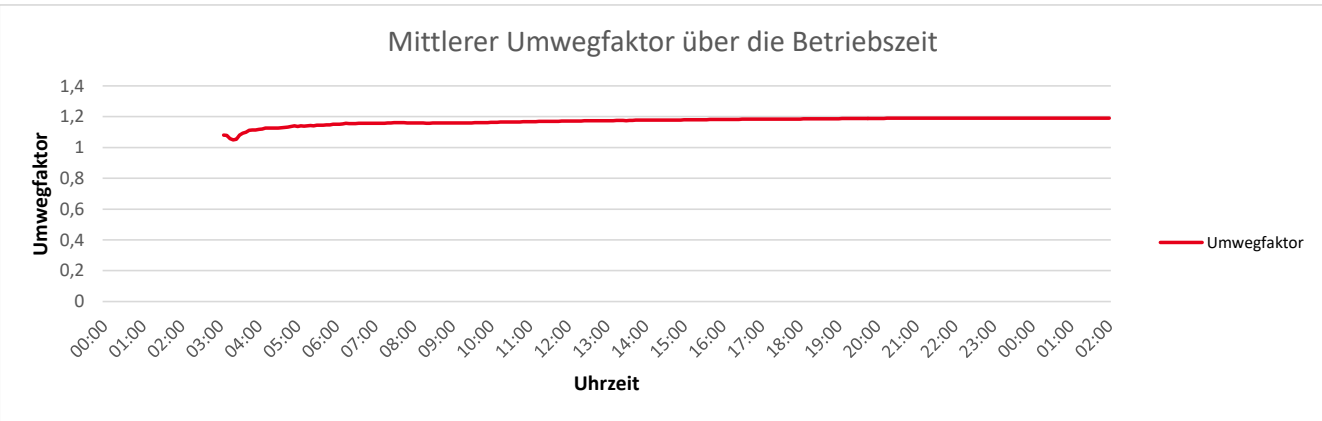
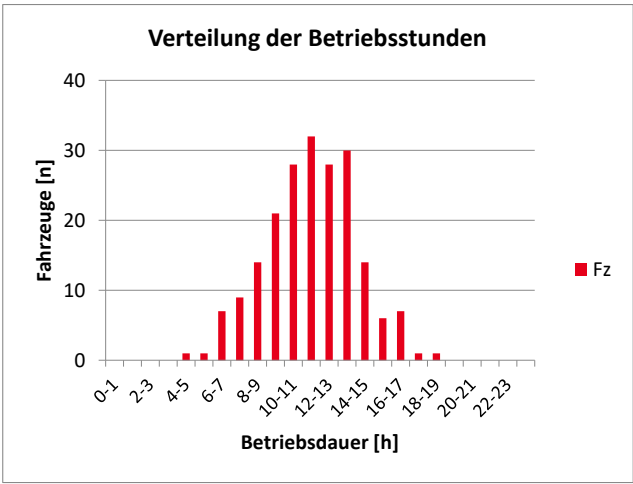
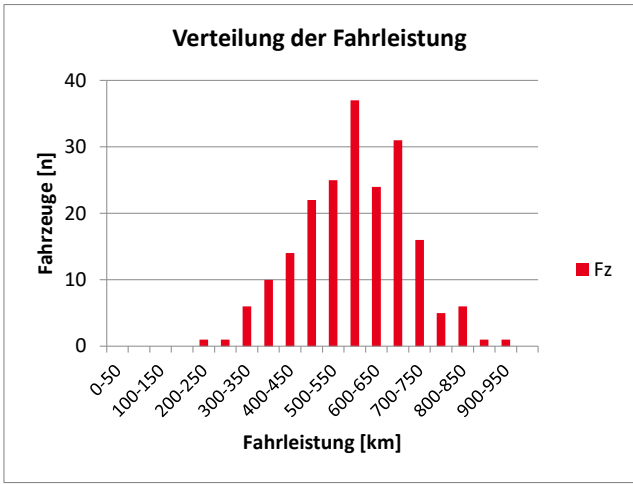
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 6.7 Z 7.2: alternativer Tag – Sonntag 200 Fahrzeuge (2030)

Z7_Sonntag_2030_1

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,09795254			
Erwerbstätige	48	1,4	30	5
Schüler	21	1,4	30	5
Auszubildende	58	1,4	30	5
Rentner	46	1,4	30	1
Sonstige	55	1,4	30	5

Fahrzeuge: 200
Anteil 4 Sitzplätze: 100%
Anteil 8 Sitzplätze: 0.0%
Tabelle: 2030_3
Comparator: max. Effizienz
Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite: 2000 Kilometer
Pausendauer: 0 Minuten



Anhang 6.8 Kombination

- 6.8 Z 8.1 Kombination – Voranmeldung 30 min; Umwegfaktor 1,4; Flexibilität 10 min
 Z 8.2 Kombination – Voranmeldung 30 min; Umwegfaktor 1,2; Flexibilität 10 min

Z 8.1: Kombination – Voranmeldung 30 min; Umwegfaktor 1,4; Flexibilität 10 min

Szenario: Z 8.1 2030: Morphologischer Kasten Voranmeldung 30 min; Umwegfaktor 1,4; Flexibilität 10 min

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %	~ 75 %		
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer)	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: Z 8.1 2030 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33922723			
Erwerbstätige	48	1,4	10	5
Schüler	21	1,4	10	5
Auszubildende	58	1,4	10	5
Rentner	46	1,4	10	1
Sonstige	55	1,4	10	5

Fahrzeuge:	750
Anteil 4 Sitzplätze:	100%
Anteil 8 Sitzplätze:	0.0%
Tabelle:	2030_3
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten

Szenario: Z 8.1 2030. Ergebnisse Voranmeldung 30 min; Umwegfaktor 1,4; Flexibilität 10 min

Szenario	Z 8.1 2030		
Nachfrageliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	33.766	33.821	33.821
Fahrtanfragen bedient [-]	32.009	31.946	32.029
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	1.757	1.875	1.792
daraus erreichter Modal Split	33,92%	33,98%	33,98%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	5,20%	5,54%	5,30%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	305.788	305.495	303.106
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	256.579	256.341	254.584
abrechenbare Personenkilometer [km]	445.171	449.112	445.534
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	49.208	49.154	48.522
Anteil Leerkilometer	16,09%	16,09%	16,01%
Anteil abrechenbare Kilometer *	145,58%	147,01%	146,99%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	750	750	750
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	657	663	662
max. Anzahl mit Passagieren [-]	575	577	572
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	408	407	404
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	465	461	458
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	55	74	68
Maximalwert [km]	896	973	866
Mittelwert [km]	408	408	404
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	594	599	594
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	1:06	1:29	1:21
Maximalwert [hh:mm]	18:04	19:27	17:23
Mittelwert [hh:mm]	8:10	8:10	8:06
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	2	3	2
Maximalwert [Passagiere]	112	112	110
Mittelwert [Passagiere]	43	43	43
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	9,55	9,56	9,46
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	13,91	14,06	13,91

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

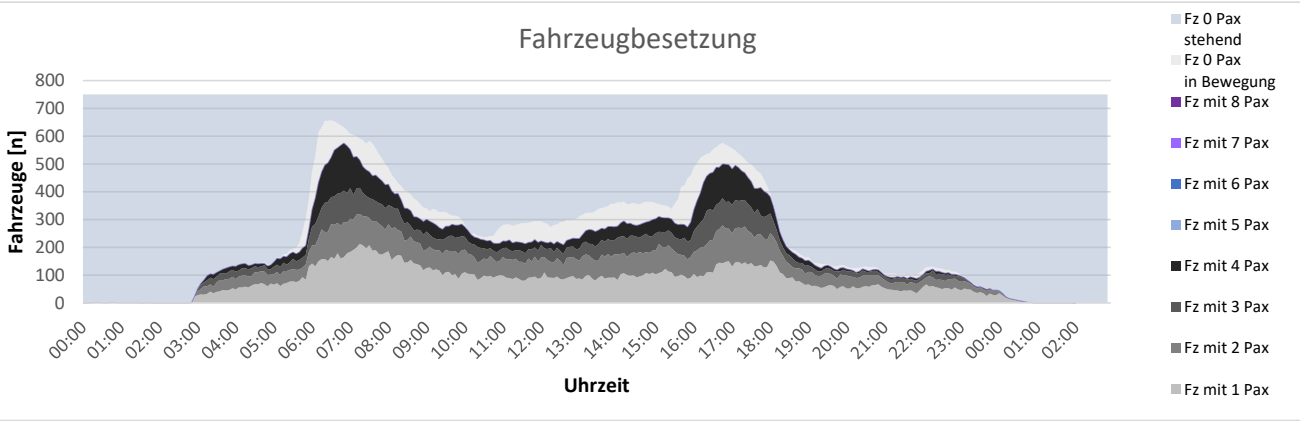
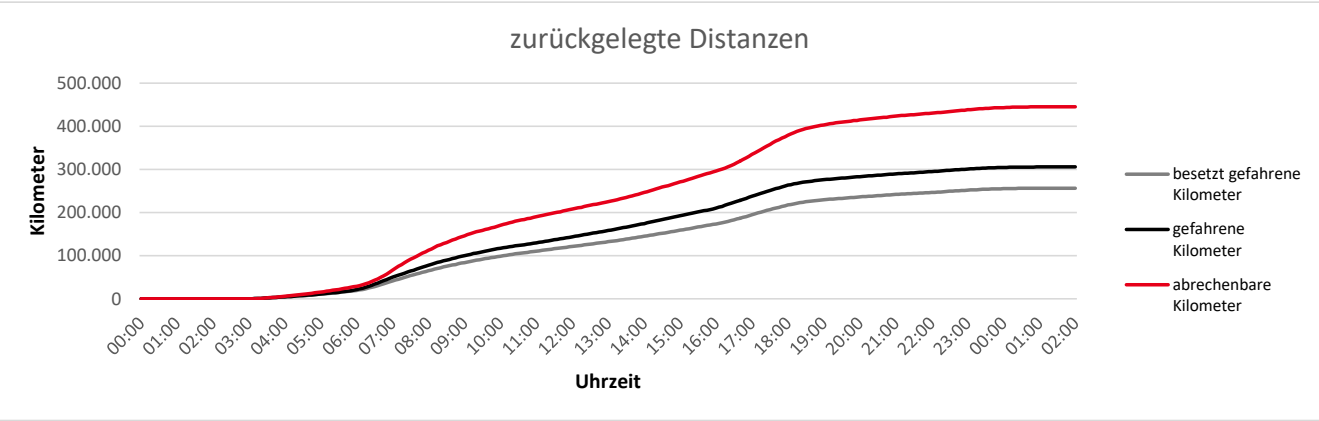
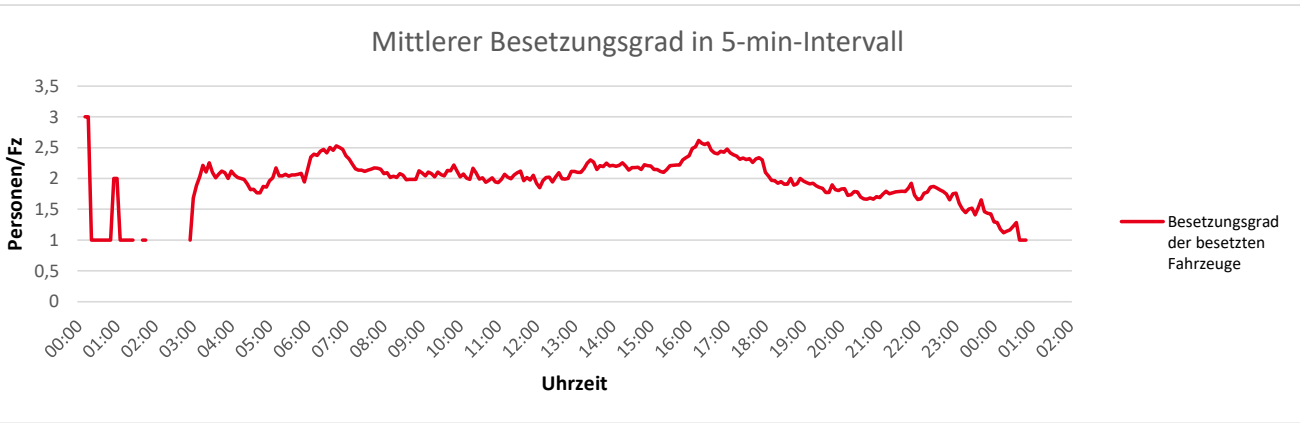
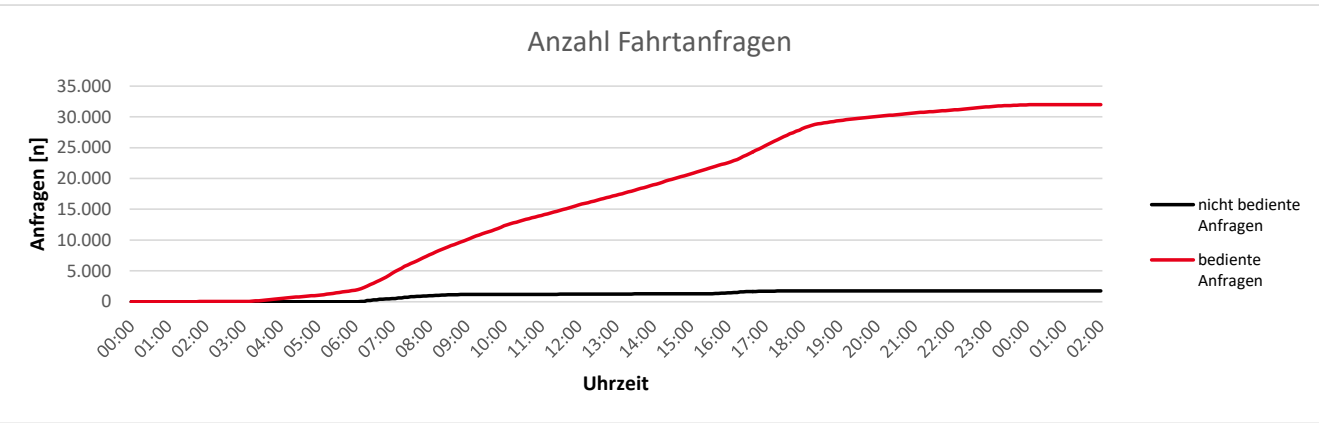
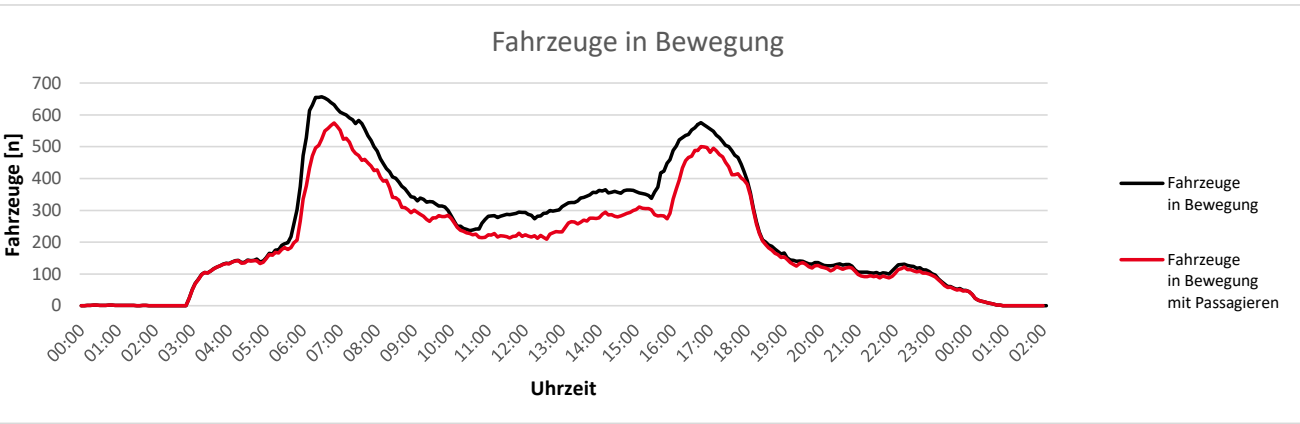
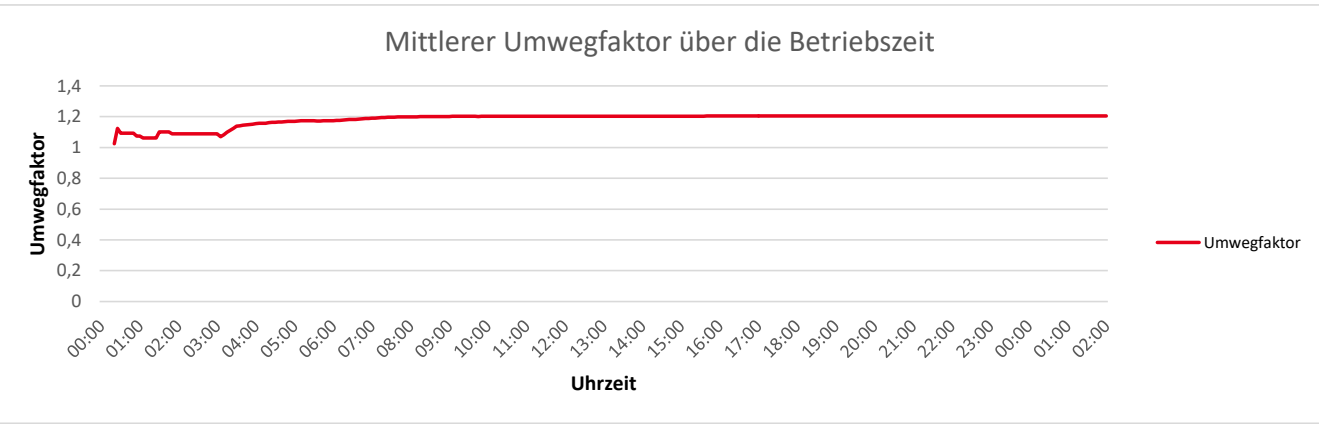
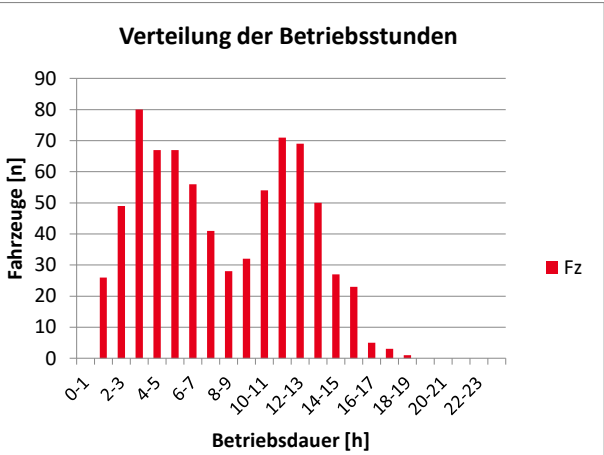
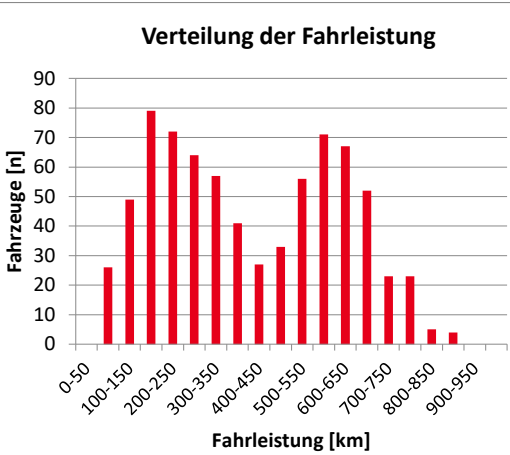
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 6.8 Z 8.1: Kombination – Voranmeldung 30 min; Umwegfaktor 1,4; Flexibilität 10 min (2030)

Z8-1_Vor_Um_Flex_2030_1

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33922723			
Erwerbstätige	48	1,4	10	5
Schüler	21	1,4	10	5
Auszubildende	58	1,4	10	5
Rentner	46	1,4	10	1
Sonstige	55	1,4	10	5

Fahrzeuge: 750
Anteil 4 Sitzplätze: 100%
Anteil 8 Sitzplätze: 0.0%
Tabelle: 2030_3
Comparator: max. Effizienz
Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite: 2000 Kilometer
Pausendauer: 0 Minuten



Z 8.2: Kombination – Voranmeldung 30 min; Umwegfaktor 1,2; Flexibilität 10 min

Szenario: Z 8.2 2030: Morphologischer Kasten Voranmeldung 30 min; Umwegfaktor 1,2; Flexibilität 10 min

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %	~ 75 %		
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer)	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: Z 8.2 2030 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33922723			
Erwerbstätige	48	1,2	10	5
Schüler	21	1,2	10	5
Auszubildende	58	1,2	10	5
Rentner	46	1,2	10	1
Sonstige	55	1,2	10	5

Fahrzeuge:	750
Anteil 4 Sitzplätze:	100%
Anteil 8 Sitzplätze:	0.0%
Tabelle:	2030_3
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten

Szenario: Z 8.2 2030. Ergebnisse Voranmeldung 30 min; Umwegfaktor 1,2; Flexibilität 10 min

Szenario	Z 8.2 2030		
Nachfrageliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	33.766	33.821	33.821
Fahrtanfragen bedient [-]	31.944	31.947	32.121
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	1.822	1.874	1.700
daraus erreichter Modal Split	33,92%	33,98%	33,98%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	5,40%	5,54%	5,03%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	313.128	314.564	313.392
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	252.626	254.597	253.833
abrechenbare Personenkilometer [km]	442.019	447.704	443.924
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	60.502	59.967	59.559
Anteil Leerkilometer	19,32%	19,06%	19,00%
Anteil abrechenbare Kilometer *	141,16%	142,33%	141,65%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	750	750	750
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	654	662	665
max. Anzahl mit Passagieren [-]	562	554	549
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	418	419	418
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	479	475	471
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	76	64	58
Maximalwert [km]	880	866	898
Mittelwert [km]	418	419	418
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	589	597	592
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	1:31	1:15	1:10
Maximalwert [hh:mm]	17:39	17:15	18:07
Mittelwert [hh:mm]	8:22	8:24	8:22
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	3	2	2
Maximalwert [Passagiere]	100	97	111
Mittelwert [Passagiere]	43	43	43
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	9,80	9,85	9,76
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	13,84	14,01	13,82

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

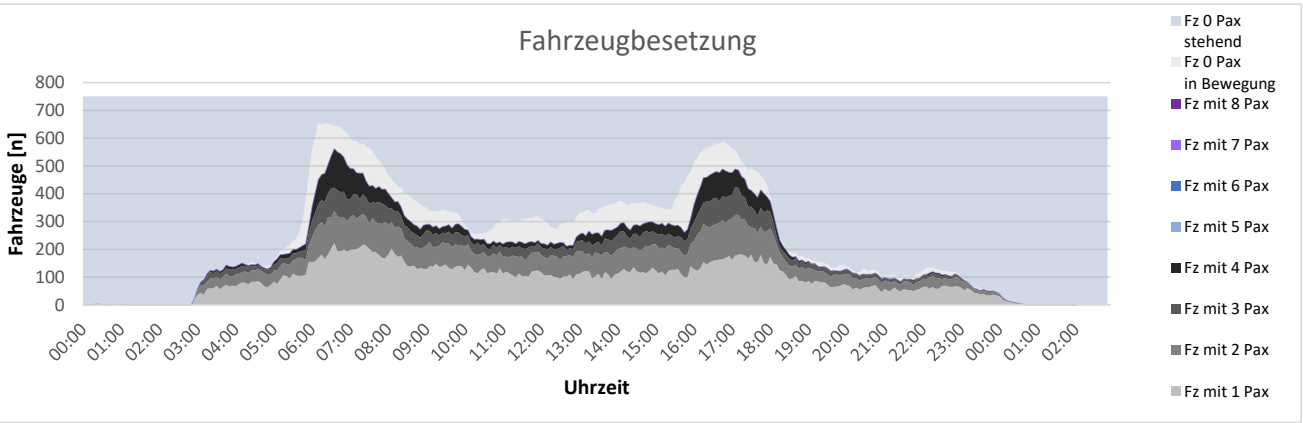
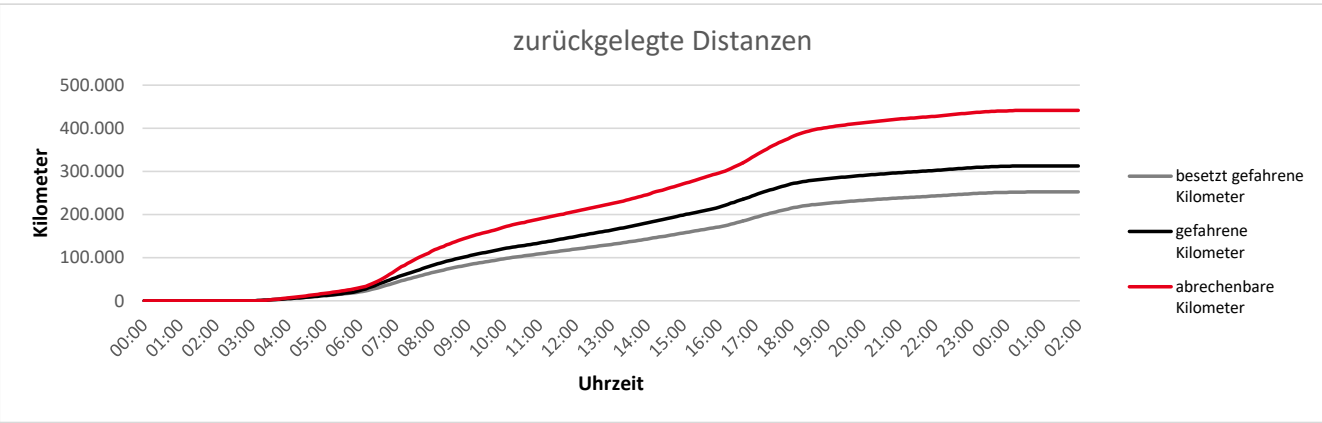
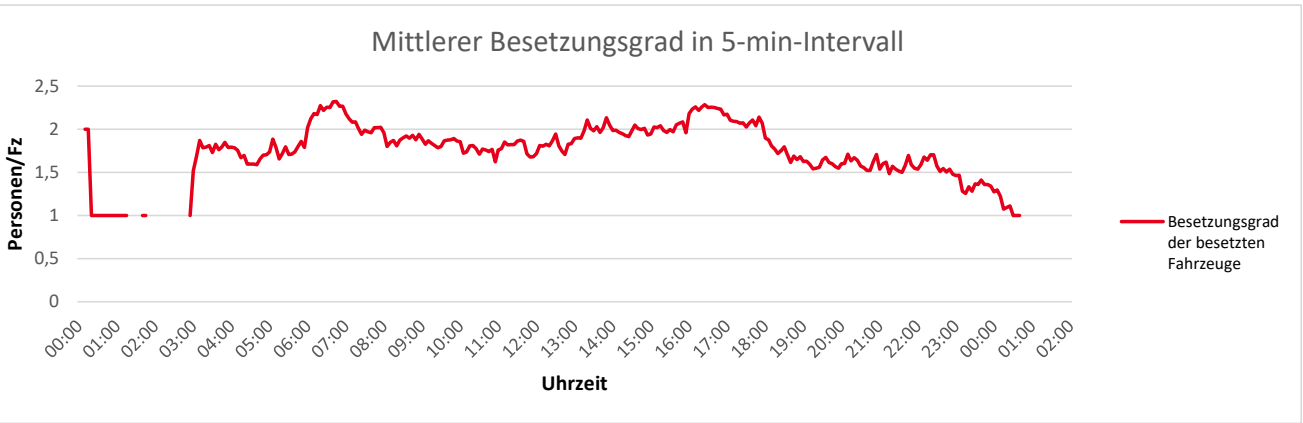
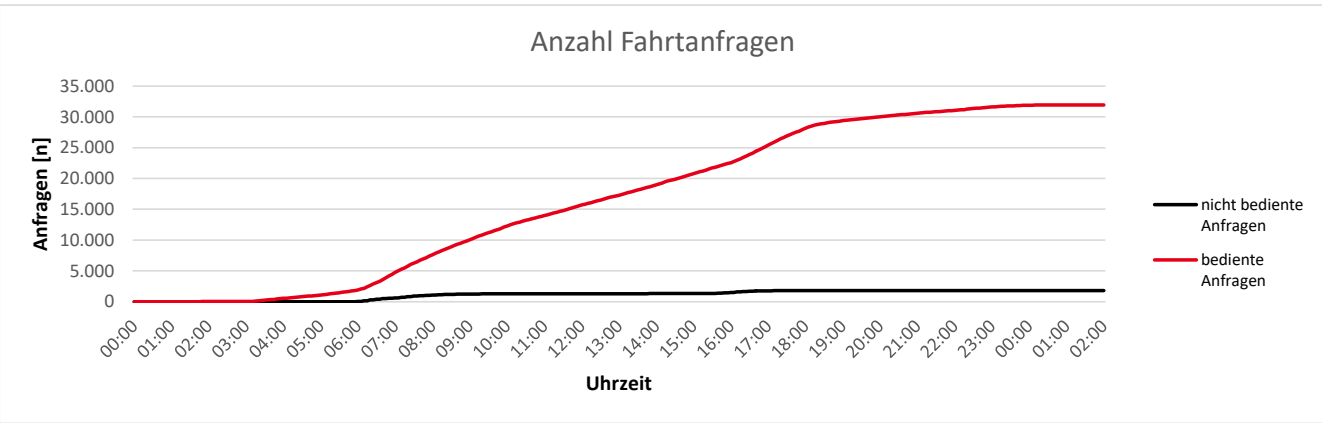
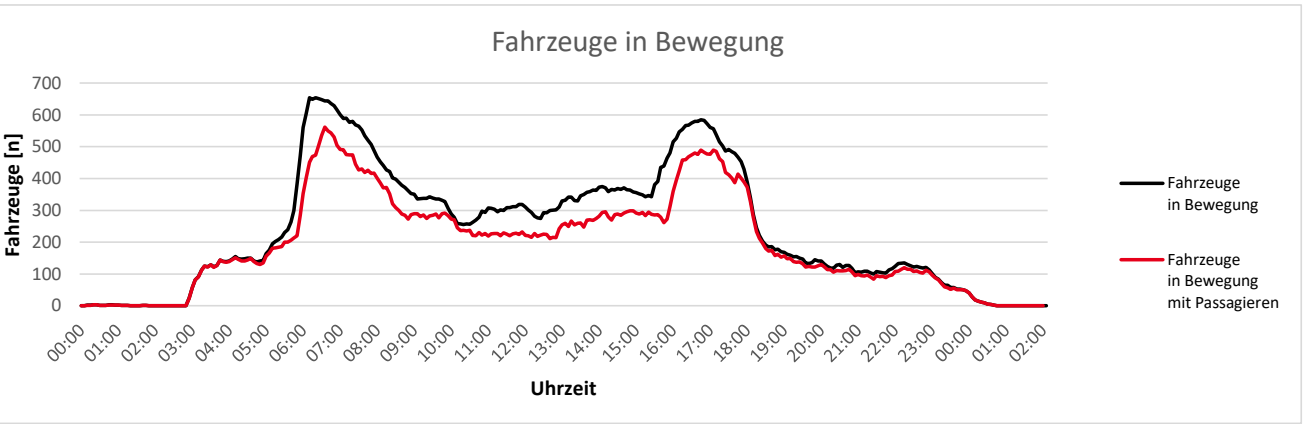
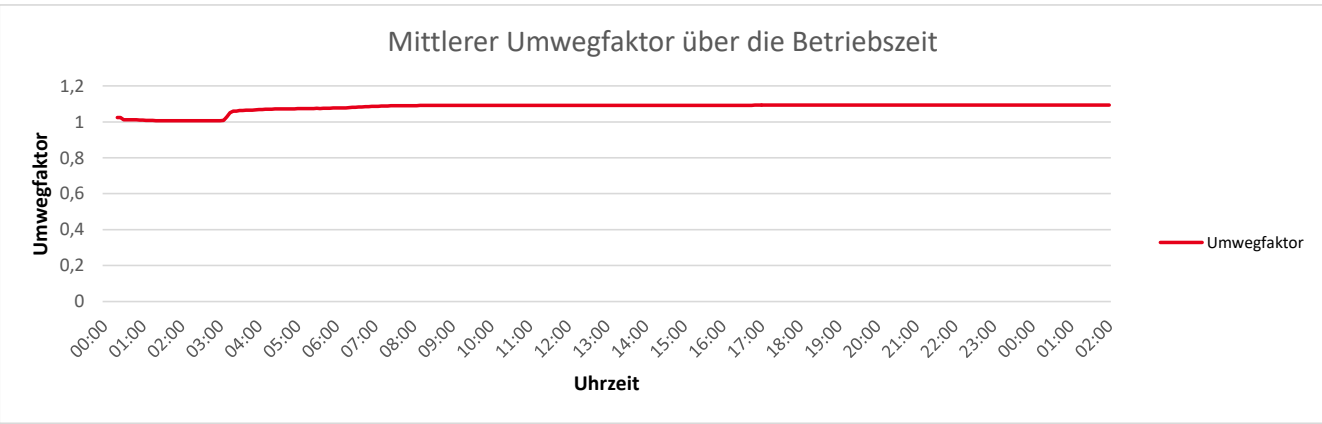
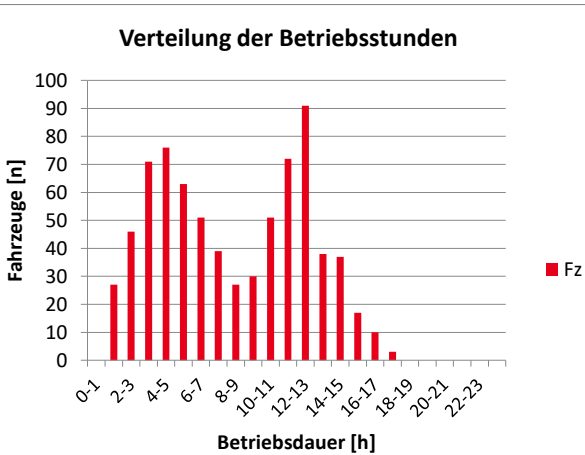
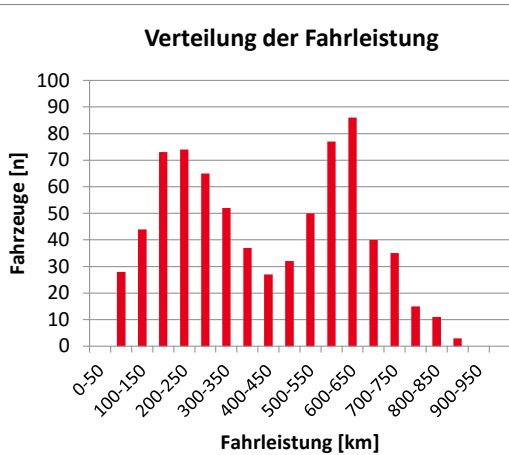
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 6.8 Z 8.2: Kombination – Voranmeldung 30 min; Umwegfaktor 1,2; Flexibilität 10 min (2030)

Z8-2_Vor_Um_Flex_2030_1

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,33922723			
Erwerbstätige	48	1,2	10	5
Schüler	21	1,2	10	5
Auszubildende	58	1,2	10	5
Rentner	46	1,2	10	1
Sonstige	55	1,2	10	5

Fahrzeuge: 750
Anteil 4 Sitzplätze: 100%
Anteil 8 Sitzplätze: 0.0%
Tabelle: 2030_3
Comparator: max. Effizienz
Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite: 2000 Kilometer
Pausendauer: 0 Minuten



Anhang 6.9 Schülerverkehre

- 6.9 Z 9.1 Betrachtung ohne Schülerverkehr (2012)
- Z 9.1 Betrachtung ohne Schülerverkehr (2030)
- Z 9.2 Betrachtung nur Schülerverkehr 4-Sitzer (2012)
- Z 9.2 Betrachtung nur Schülerverkehr 4-Sitzer (2030)
- Z 9.3 Betrachtung nur Schülerverkehr 8-Sitzer (2012)
- Z 9.3 Betrachtung nur Schülerverkehr 8-Sitzer (2030)

Z 9.1: Betrachtung ohne Schülerverkehr ~ 75% Nachfrage 2012/2030 (4-Sitzer)**Szenario: Z 9.1 2012: Morphologischer Kasten Betrachtung ohne Schülerverkehr (2012)**

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %	~ 75 %		
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer)	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: Z 9.1 2012 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,65665627			
Erwerbstätige	75	1,4	30	5
Schüler	0	1,4	30	5
Auszubildende	75	1,4	30	5
Rentner	75	1,4	30	1
Sonstige	75	1,4	30	5

Fahrzeuge:	1750
Anteil 4 Sitzplätze:	100%
Anteil 8 Sitzplätze:	0.0%
Tabelle:	2012_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten

Szenario: Z 9.1 2012: Ergebnisse Betrachtung ohne Schülerverkehr (2012)

Szenario	Z 9.1 2012		
Nachfrageliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	82.937	82.910	82.924
Fahrtanfragen bedient [-]	82.937	82.909	82.853
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	1	71
daraus erreichter Modal Split	65,67%	65,64%	65,66%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,09%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	752.834	744.384	750.085
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	625.687	621.313	626.099
abrechenbare Personenkilometer [km]	1.215.506	1.215.191	1.214.421
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	127.147	123.072	123.986
Anteil Leerkilometer	16,89%	16,53%	16,53%
Anteil abrechenbare Kilometer *	161,46%	163,25%	161,90%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	1750	1750	1750
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	1749	1739	1750
max. Anzahl mit Passagieren [-]	1393	1415	1433
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	430	425	429
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	430	428	429
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	163	150	115
Maximalwert [km]	978	956	870
Mittelwert [km]	454	446	452
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	695	694	694
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	3:16	3:01	2:21
Maximalwert [hh:mm]	19:41	19:10	17:24
Mittelwert [hh:mm]	9:06	8:56	9:04
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	10	10	11
Maximalwert [Passagiere]	119	118	113
Mittelwert [Passagiere]	51	50	50
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	9,08	8,98	9,05
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,66	14,66	14,66

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

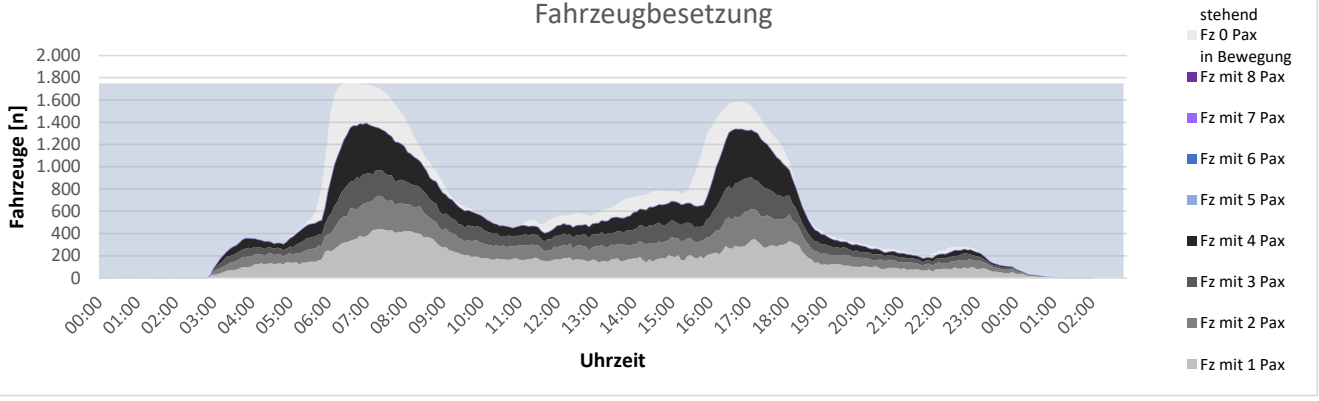
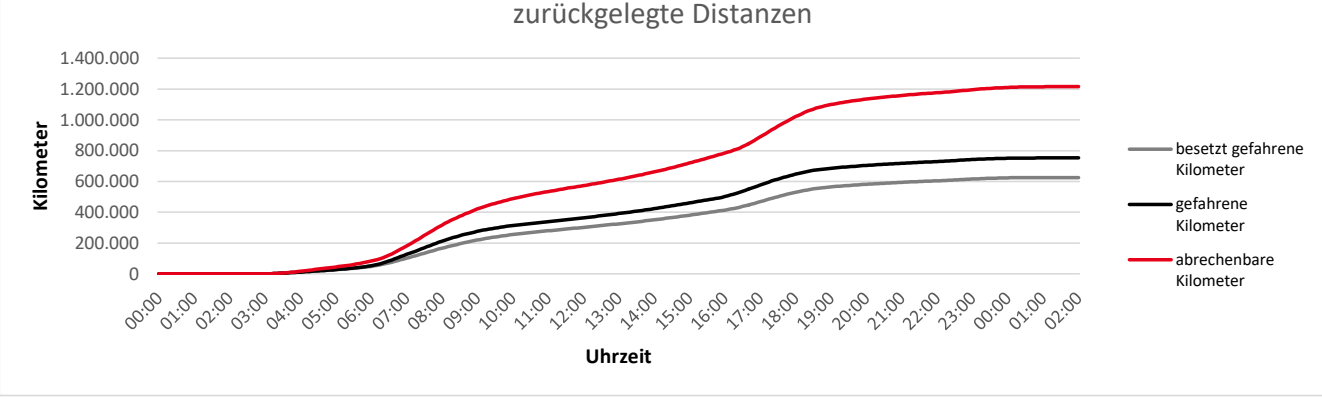
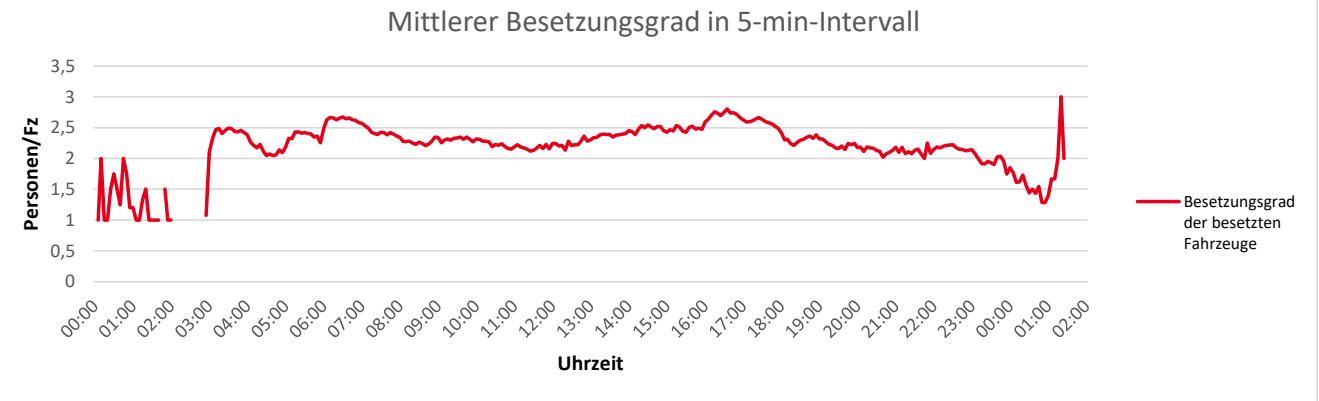
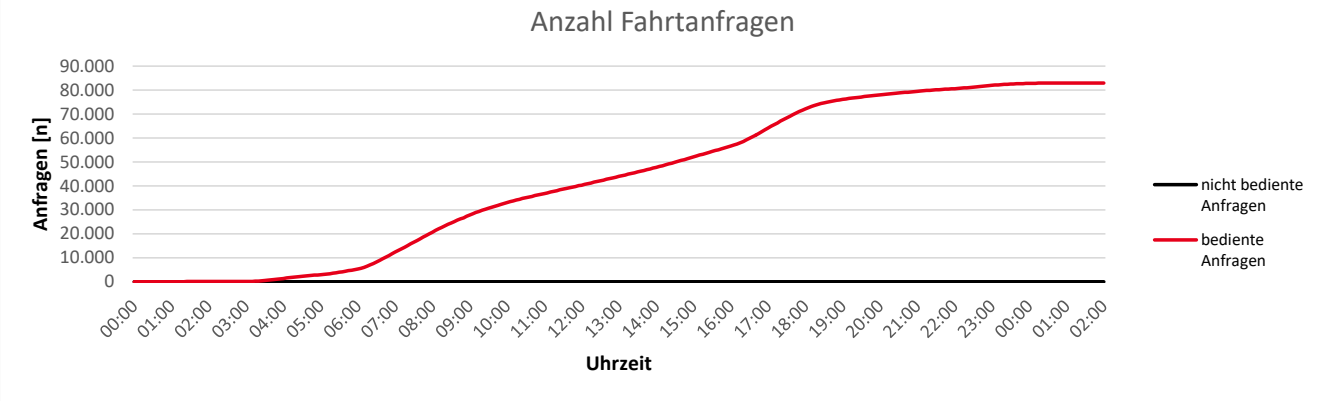
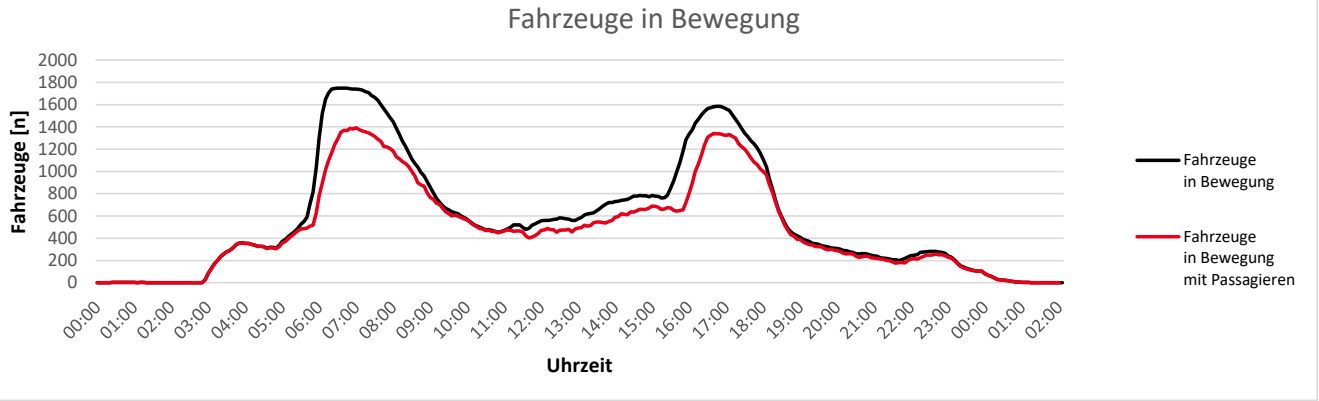
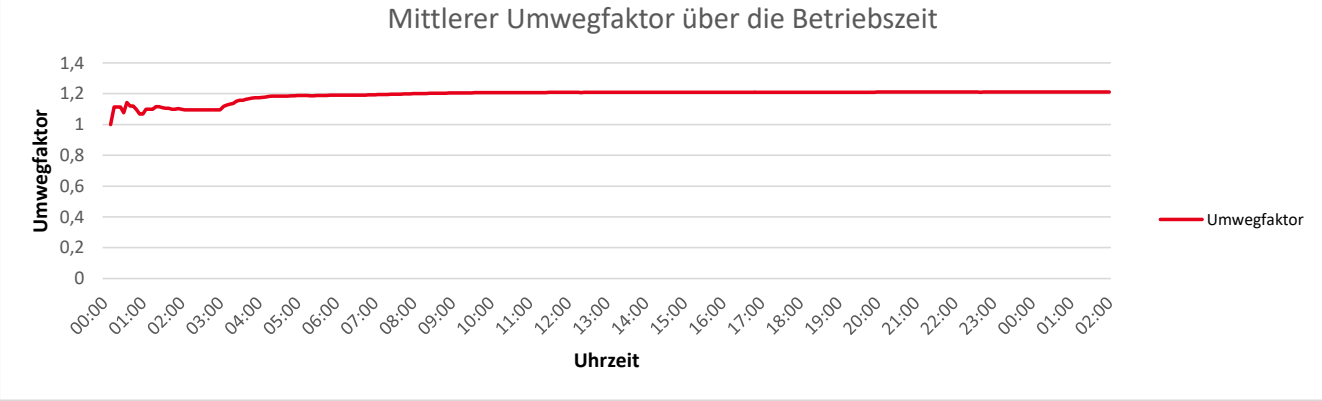
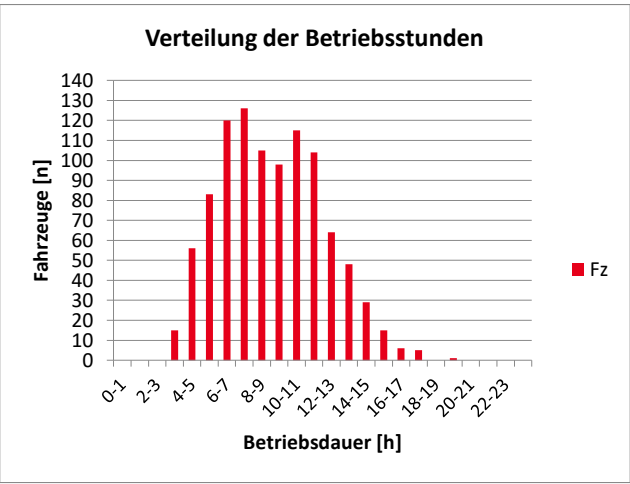
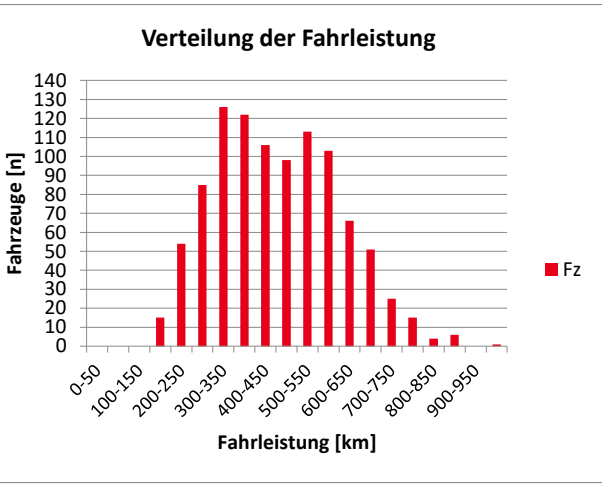
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 6.9 Z 9.1: Betrachtung ohne Schülerverkehr (2012)

Z 9.1_2012 ohne Schülerverkehr 4-Sitzer

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,65665627			
Erwerbstätige	75	1,4	30	5
Schüler	0	1,4	30	5
Auszubildende	75	1,4	30	5
Rentner	75	1,4	30	1
Sonstige	75	1,4	30	5

Fahrzeuge: 1750
Anteil 4 Sitzplätze: 100%
Anteil 8 Sitzplätze: 0.0%
Tabelle: 2012_1
Comparator: max. Effizienz
Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite: 2000 Kilometer
Pausendauer: 0 Minuten



Szenario: Z 9.1 2030: Morphologischer Kasten Betrachtung ohne Schülerverkehr (2030)

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %	~ 75 %		
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer)	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: Z 9.1 2030 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umwegf.	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,67775121			
Erwerbstätige	75	1,4	30	5
Schüler	0	1,4	30	5
Auszubildende	75	1,4	30	5
Rentner	75	1,4	30	1
Sonstige	75	1,4	30	5

Fahrzeuge:	1350
Anteil 4 Sitzplätze:	100%
Anteil 8 Sitzplätze:	0.0%
Tabelle:	2030_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten

Szenario: Z 9.1 2030: Ergebnisse Betrachtung ohne Schülerverkehr (2030)

Szenario	Z 9.1 2030		
Nachfrageliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	67.462	67.479	67.530
Fahrtanfragen bedient [-]	67.462	67.467	67.526
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	12	4
daraus erreichter Modal Split	67,78%	67,79%	67,84%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,02%	0,01%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	611.110	609.313	613.300
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	504.618	504.458	505.242
abrechenbare Personenkilometer [km]	953.108	953.602	954.006
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	106.493	104.855	108.059
Anteil Leerkilometer	17,43%	17,21%	17,62%
Anteil abrechenbare Kilometer *	155,96%	156,50%	155,55%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	1350	1350	1350
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	1339	1350	1325
max. Anzahl mit Passagieren [-]	1076	1063	1066
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	453	451	454
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	456	451	463
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	178	146	141
Maximalwert [km]	896	955	934
Mittelwert [km]	466	460	462
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	706	706	707
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	3:33	2:56	2:49
Maximalwert [hh:mm]	18:00	18:59	18:41
Mittelwert [hh:mm]	9:21	9:14	9:16
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	12	11	11
Maximalwert [Passagiere]	113	108	119
Mittelwert [Passagiere]	52	51	51
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	9,06	9,03	9,08
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,13	14,13	14,13

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

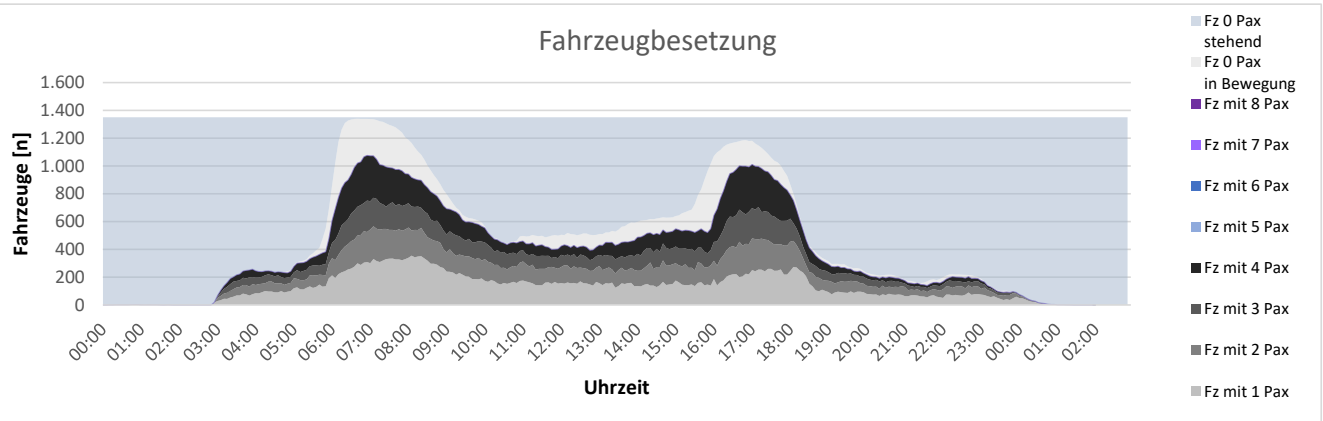
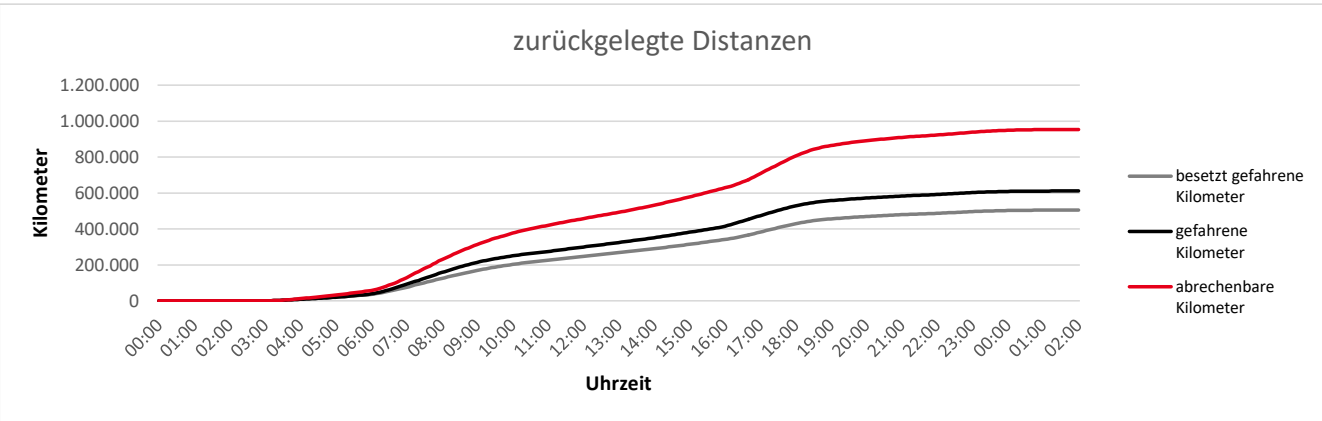
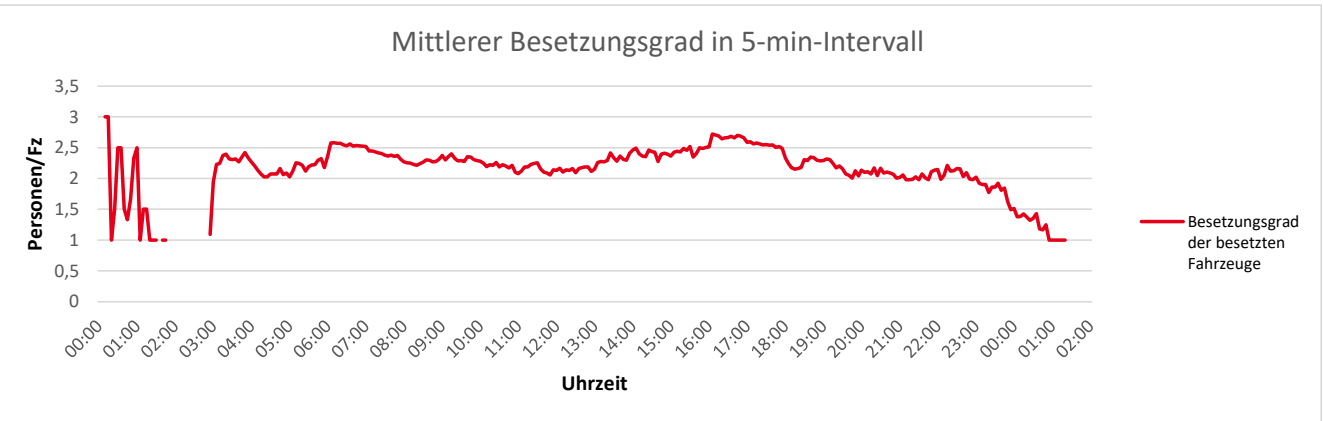
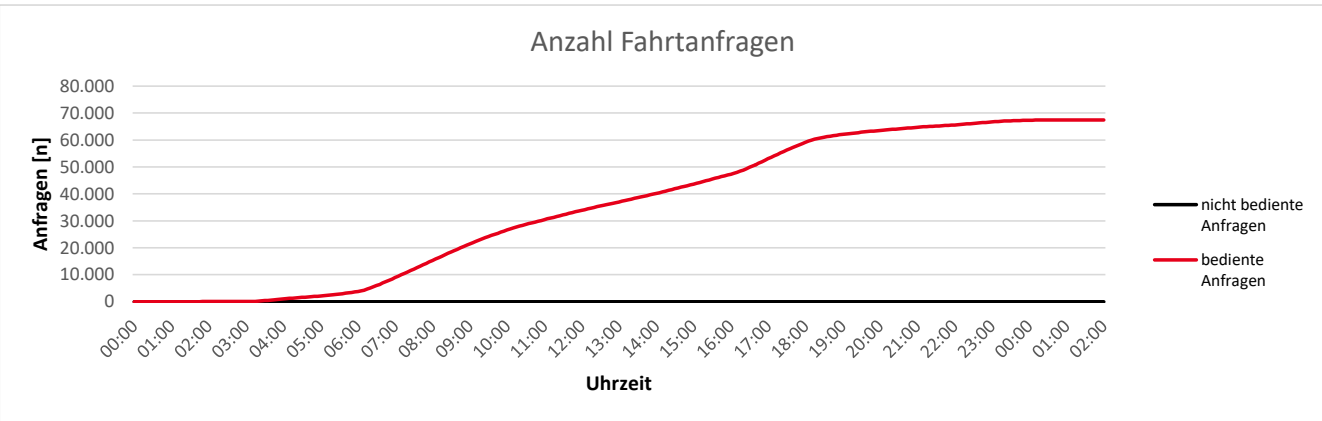
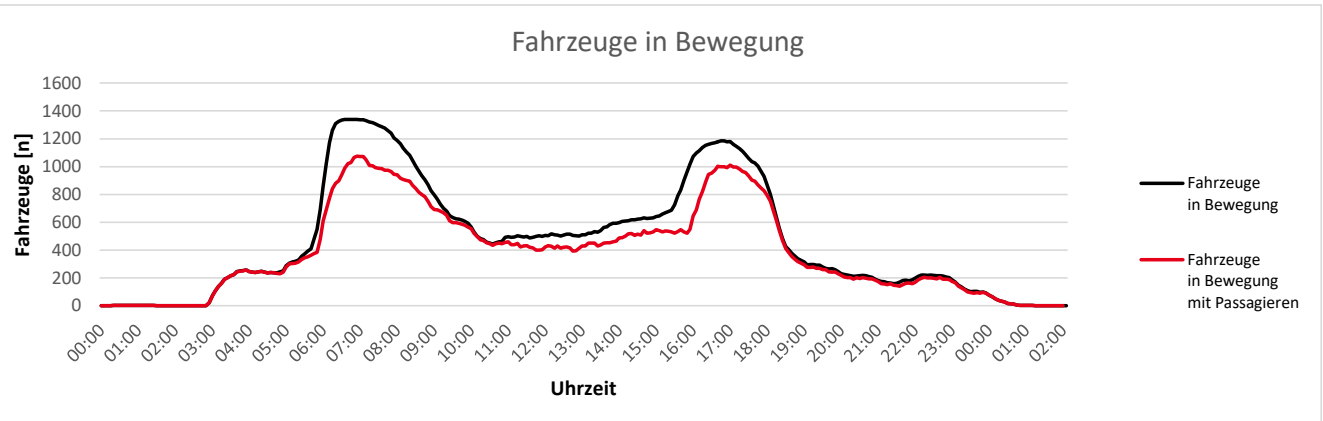
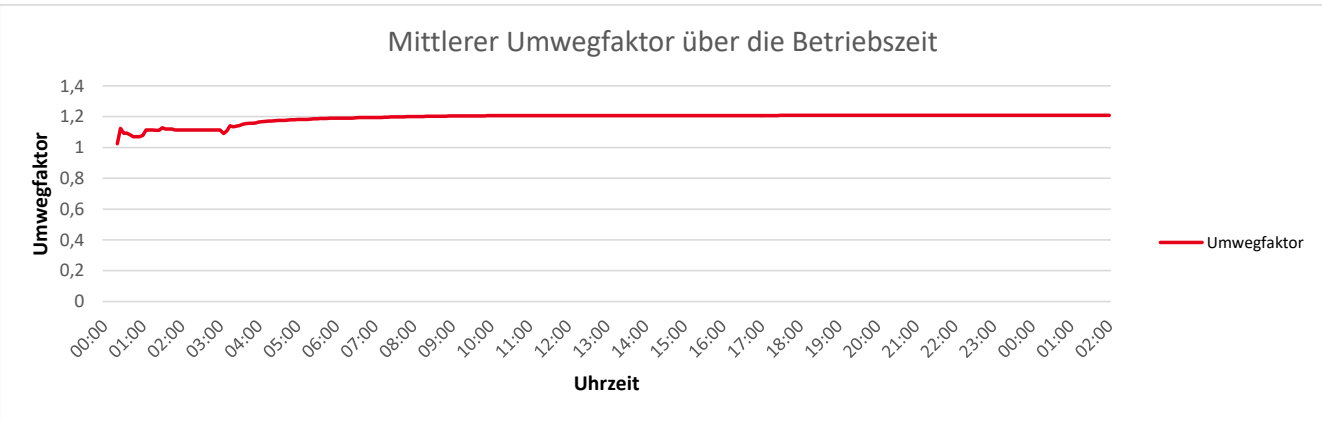
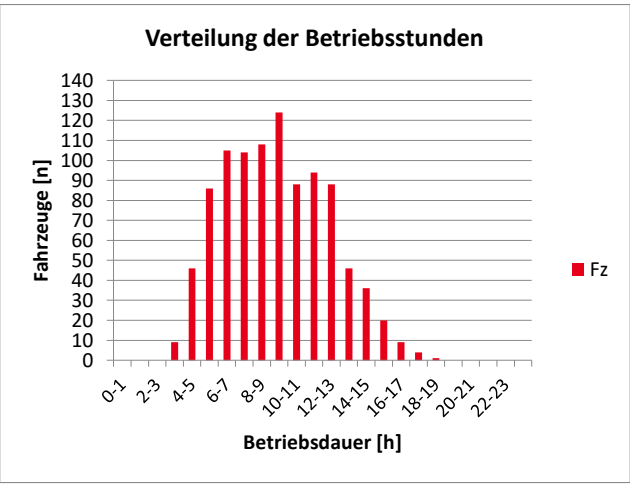
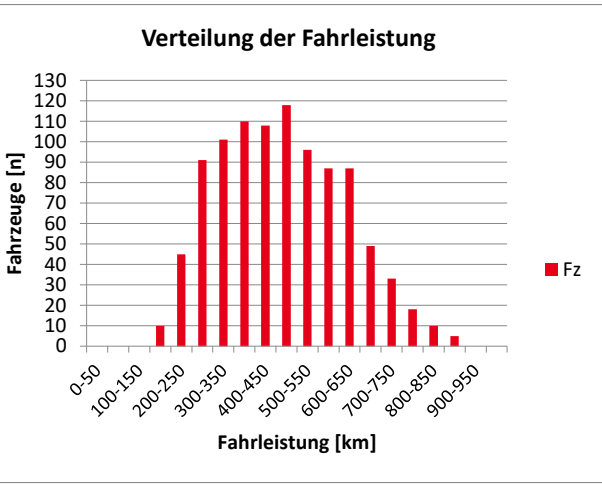
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 6.9 Z 9.1: Betrachtung ohne Schülerverkehr (2030)

Z9_1_2030_ohneS

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,67775121			
Erwerbstätige	75	1,4	30	5
Schüler	0	1,4	30	5
Auszubildende	75	1,4	30	5
Rentner	75	1,4	30	1
Sonstige	75	1,4	30	5

Fahrzeuge: 1350
Anteil 4 Sitzplätze: 100%
Anteil 8 Sitzplätze: 0.0%
Tabelle: 2030_1
Comparator: max. Effizienz
Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite: 2000 Kilometer
Pausendauer: 0 Minuten



Z 9.2: Betrachtung nur Schülerverkehr ~ 75% Nachfrage 2012/2030 (4-Sitzer)**Szenario: Z 9.2 2012: Morphologischer Kasten Betrachtung nur Schülerverkehr 4-Sitzer (2012)**

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %	~ 75 %		
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: Z 9.2 2012 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,0840921			
Erwerbstätige	0	1,4	30	5
Schüler	75	1,4	30	5
Auszubildende	0	1,4	30	5
Rentner	0	1,4	30	1
Sonstige	0	1,4	30	5

Fahrzeuge: 400
 Anteil 4 Sitzplätze: 100%
 Anteil 8 Sitzplätze: 0.0%
 Tabelle: 2012_1
 Comparator: max. Effizienz
 Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
 Reichweite: 2000 Kilometer
 Pausendauer: 0 Minuten

Szenario: Z 9.2 2012: Ergebnisse Betrachtung nur Schülerverkehr 4-Sitzer (2012)

Szenario	Z 9.2 2012		
Nachfrageliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	10.663	10.677	10.677
Fahrtanfragen bedient [-]	10.663	10.665	10.667
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	12	10
daraus erreichter Modal Split	8,44%	8,45%	8,45%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,11%	0,09%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	92.641	92.369	92.196
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	69.289	69.322	69.697
abrechenbare Personenkilometer [km]	149.708	149.528	149.740
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	23.352	23.047	22.499
Anteil Leerkilometer	25,21%	24,95%	24,40%
Anteil abrechenbare Kilometer *	161,60%	161,88%	162,42%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	400	400	400
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	394	398	399
max. Anzahl mit Passagieren [-]	263	263	283
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	232	231	230
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	235	232	231
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	63	88	95
Maximalwert [km]	636	619	581
Mittelwert [km]	232	231	230
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	374	374	374
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	1:16	1:46	1:54
Maximalwert [hh:mm]	12:45	12:26	11:36
Mittelwert [hh:mm]	4:38	4:38	4:36
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	4	6	8
Maximalwert [Passagiere]	69	64	65
Mittelwert [Passagiere]	27	27	27
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	8,69	8,66	8,64
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,04	14,02	14,04

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

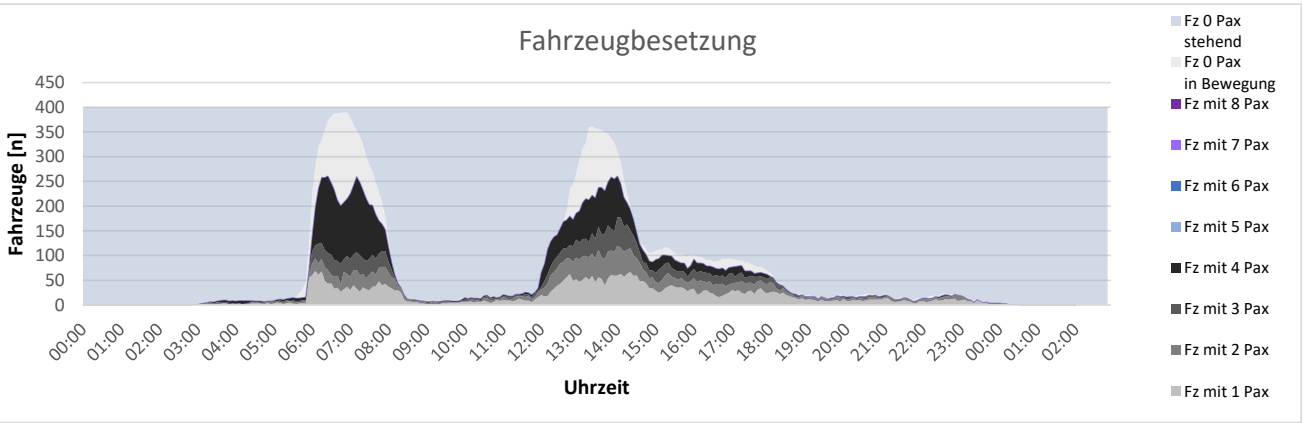
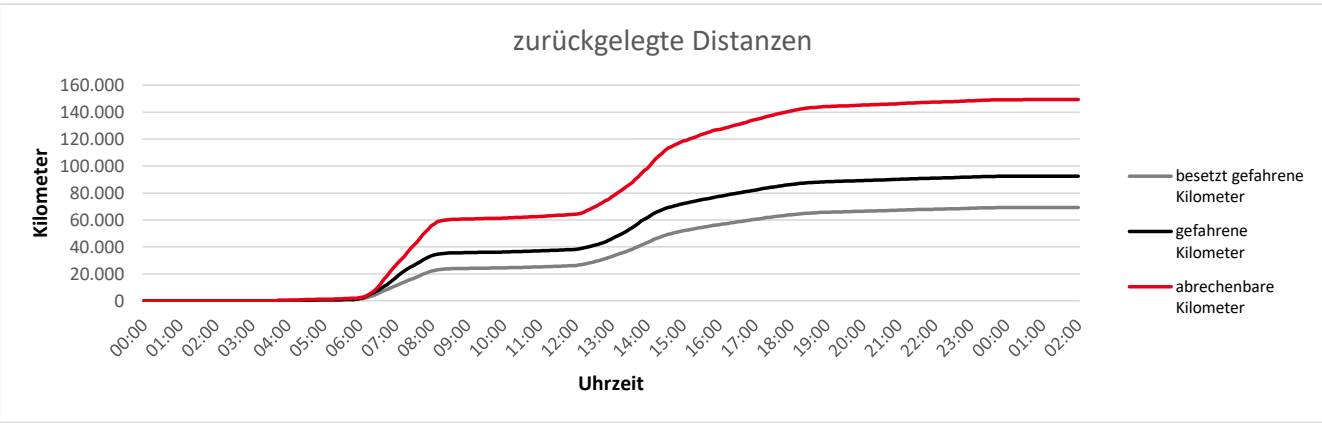
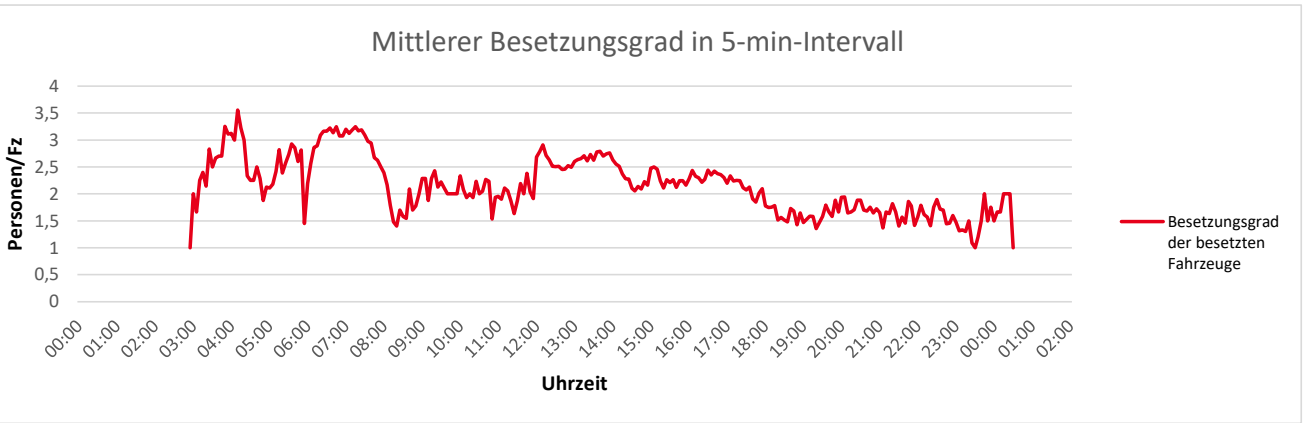
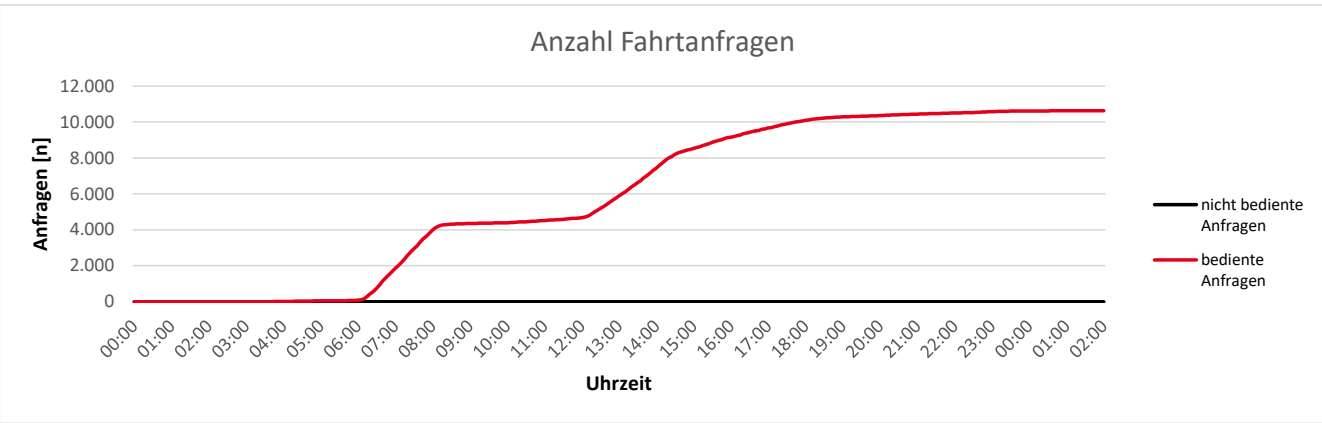
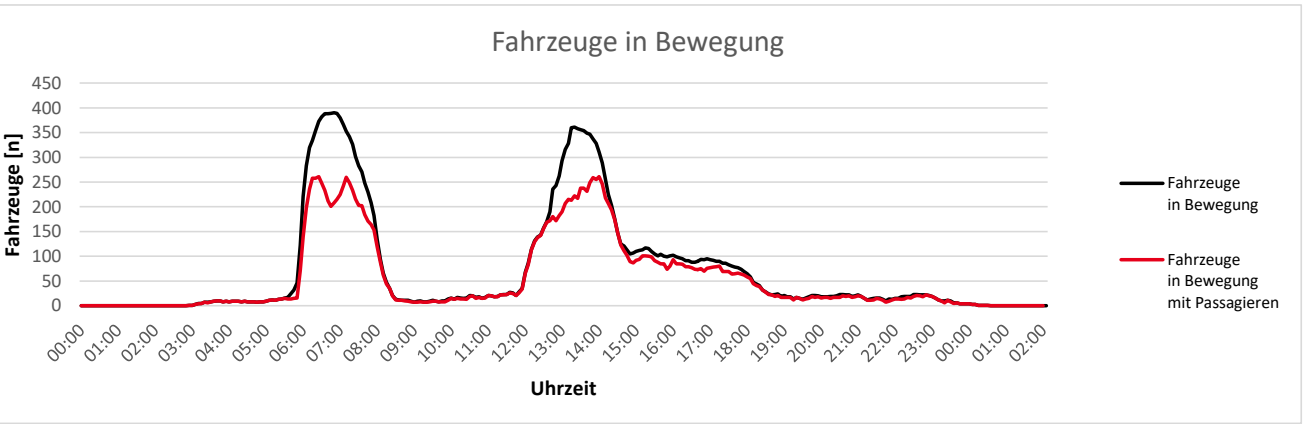
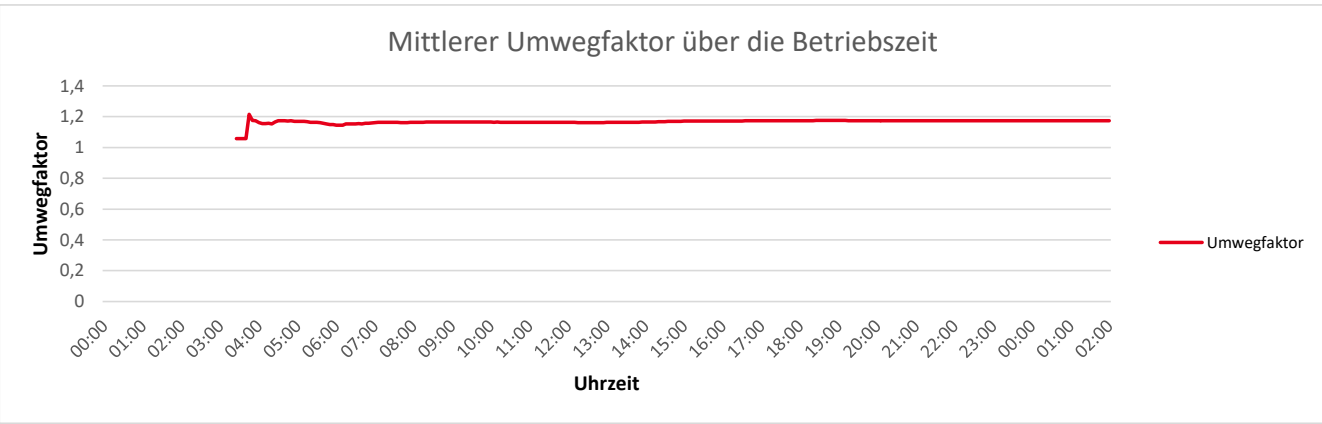
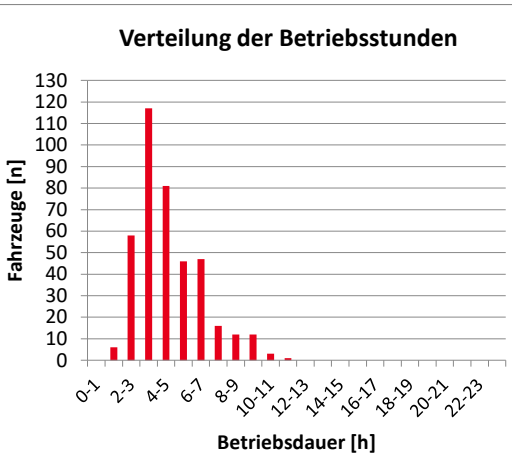
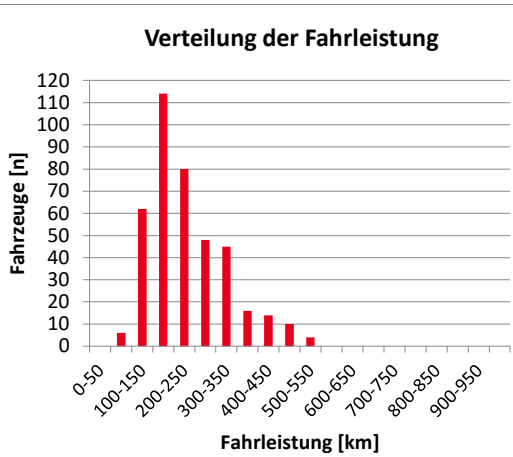
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 6.9 Z 9.2: Betrachtung nur Schülerverkehr 4-Sitzer (2012)

Z 9.2_2012 nur Schülerverkehr 4-Sitzer

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,0840921			
Erwerbstätige	0	1,4	30	5
Schüler	75	1,4	30	5
Auszubildende	0	1,4	30	5
Rentner	0	1,4	30	1
Sonstige	0	1,4	30	5

Fahrzeuge: 400
Anteil 4 Sitzplätze: 100%
Anteil 8 Sitzplätze: 0.0%
Tabelle: 2012_1
Comparator: max. Effizienz
Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite: 2000 Kilometer
Pausendauer: 0 Minuten



Szenario: Z 9.2 2030: Morphologischer Kasten Betrachtung nur Schülerverkehr 4-Sitzer (2030)

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %	~ 75 %		
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: Z 9.2 2030 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umwegf.	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,07198256			
Erwerbstätige	0	1,4	30	5
Schüler	75	1,4	30	5
Auszubildende	0	1,4	30	5
Rentner	0	1,4	30	1
Sonstige	0	1,4	30	5

Fahrzeuge: 300
 Anteil 4 Sitzplätze: 100%
 Anteil 8 Sitzplätze: 0.0%
 Tabelle: 2030_1
 Comparator: max. Effizienz
 Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
 Reichweite: 2000 Kilometer
 Pausendauer: 0 Minuten

Szenario: Z 9.2 2030: Ergebnisse Betrachtung nur Schülerverkehr 4-Sitzer (2030)

Szenario	Z 9.2 2030		
Nachfrageliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	7.193	7.176	7.194
Fahrtanfragen bedient [-]	7.193	7.176	7.194
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	0	0
daraus erreichter Modal Split	7,23%	7,21%	7,23%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,00%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	63.200	63.321	63.968
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	48.044	48.425	48.985
abrechenbare Personenkilometer [km]	99.137	99.062	99.300
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	15.156	14.897	14.983
Anteil Leerkilometer	23,98%	23,53%	23,42%
Anteil abrechenbare Kilometer *	156,86%	156,44%	155,23%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	300	300	300
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	272	272	275
max. Anzahl mit Passagieren [-]	197	194	192
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	211	211	213
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	232	233	233
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	65	54	55
Maximalwert [km]	639	535	562
Mittelwert [km]	211	212	213
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	330	330	331
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	1:18	1:05	1:06
Maximalwert [hh:mm]	12:51	10:41	11:17
Mittelwert [hh:mm]	4:13	4:15	4:16
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	4	5	4
Maximalwert [Passagiere]	56	60	60
Mittelwert [Passagiere]	24	24	24
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	8,79	8,82	8,89
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	13,78	13,80	13,80

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

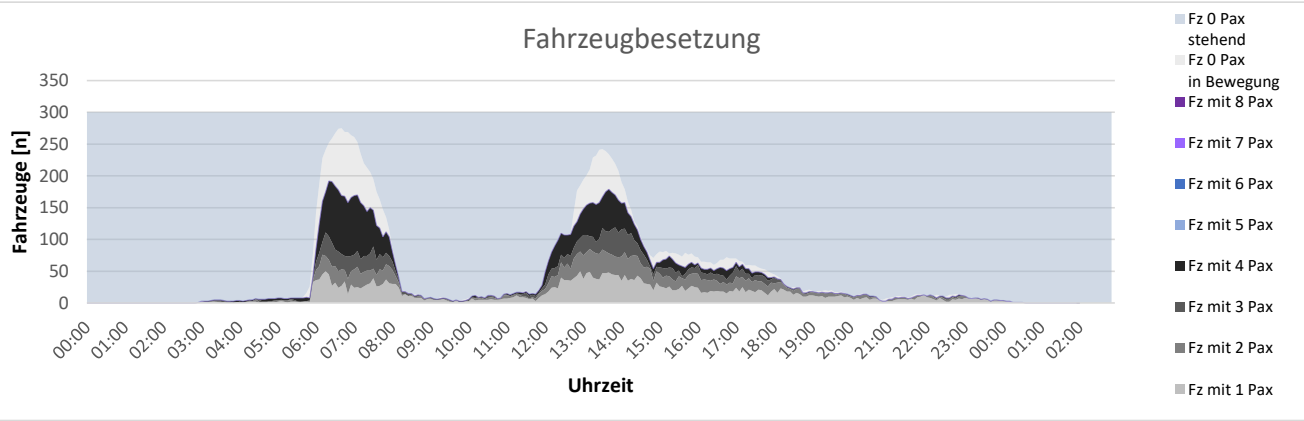
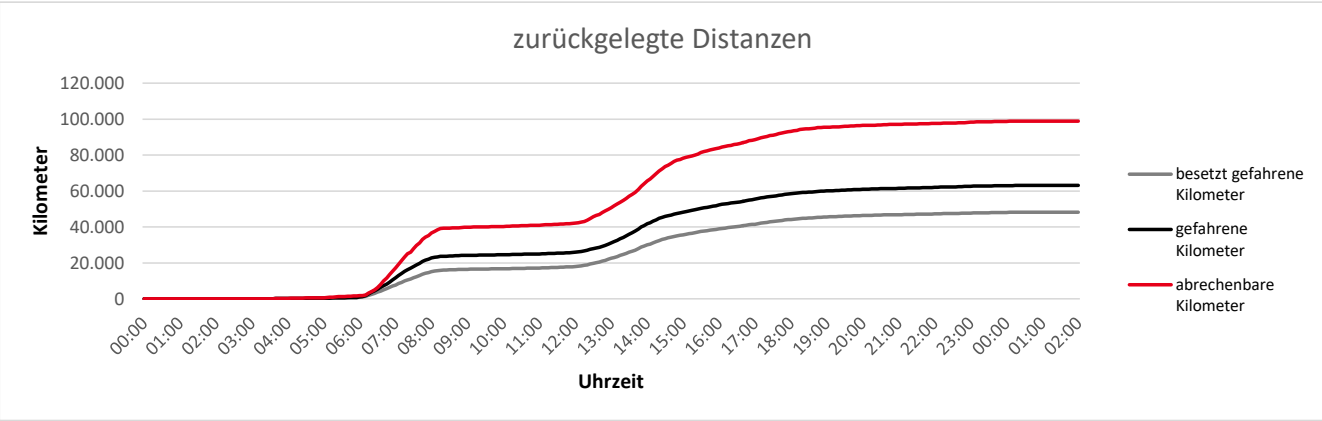
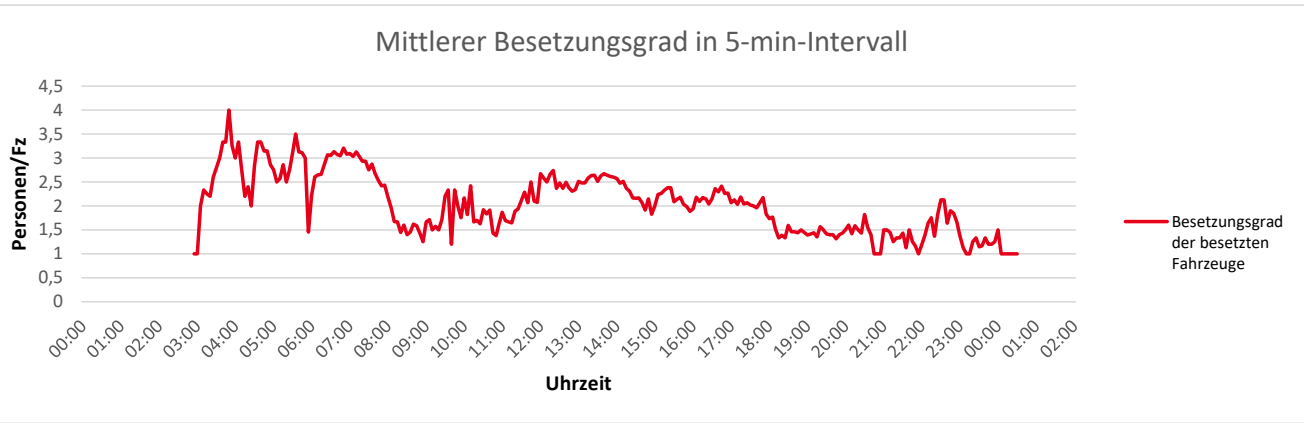
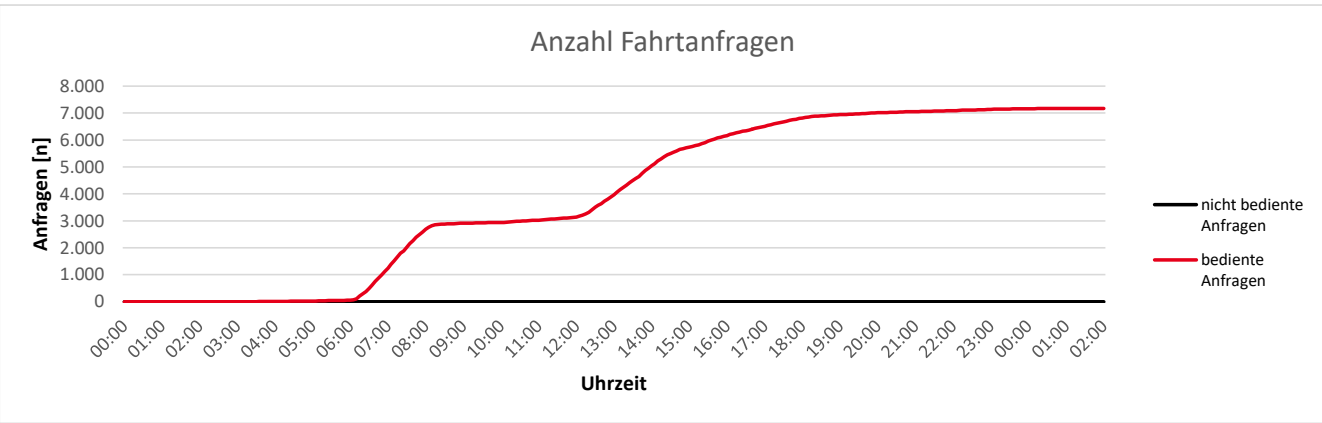
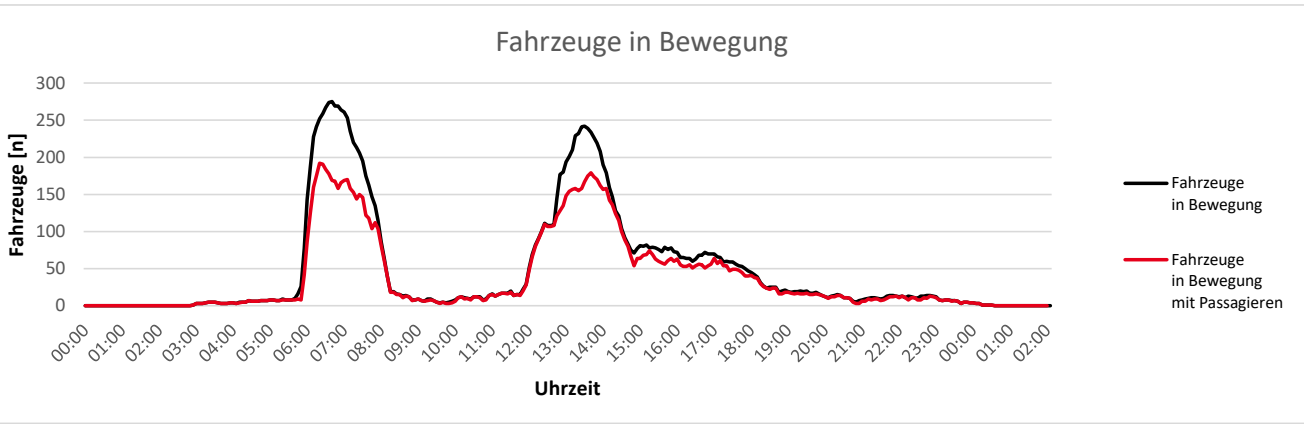
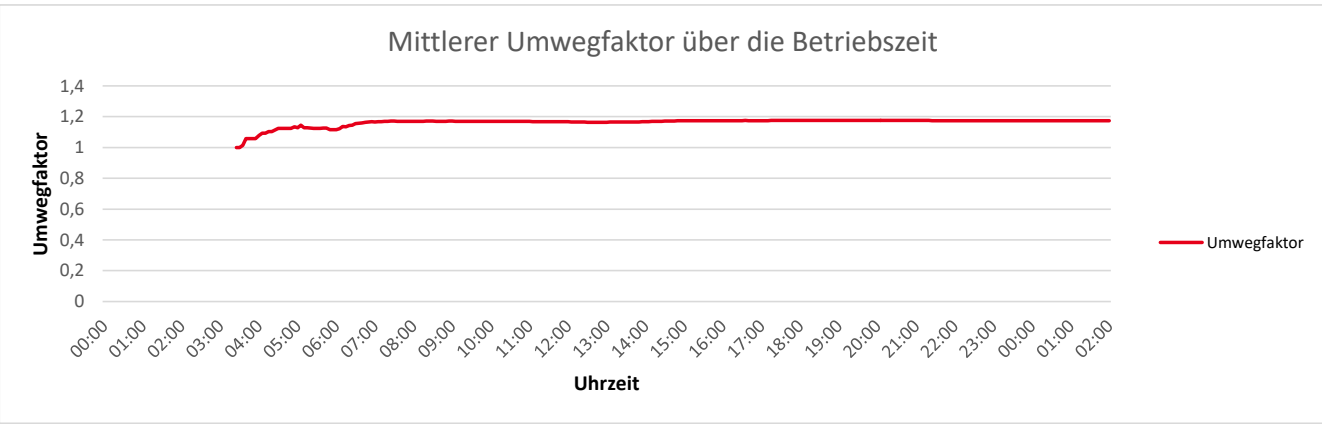
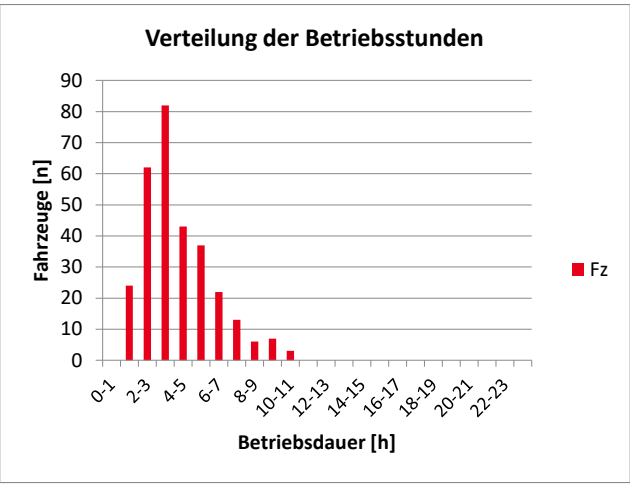
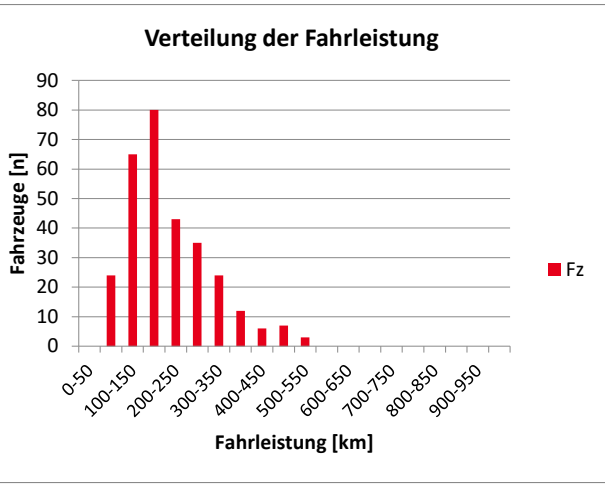
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 6.9 Z 9.2: Betrachtung nur Schülerverkehr 4-Sitzer (2030)

Z 9.2_2030 nur Schülerverkehr 4-Sitzer

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,07198256			
Erwerbstätige	0	1,4	30	5
Schüler	75	1,4	30	5
Auszubildende	0	1,4	30	5
Rentner	0	1,4	30	1
Sonstige	0	1,4	30	5

Fahrzeuge: 300
Anteil 4 Sitzplätze: 100%
Anteil 8 Sitzplätze: 0.0%
Tabelle: 2030_1
Comparator: max. Effizienz
Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite: 2000 Kilometer
Pausendauer: 0 Minuten



Z 9.3: Betrachtung nur Schülerverkehr ~ 75% Nachfrage 2012/2030 (8-Sitzer)**Szenario: Z 9.3 2012: Morphologischer Kasten Betrachtung nur Schülerverkehr 8-Sitzer (2012)**

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %	~ 75 %		
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: Z 9.3 2012 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umwegfaktor	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,0840921			
Erwerbstätige	0	1,4	30	5
Schüler	75	1,4	30	5
Auszubildende	0	1,4	30	5
Rentner	0	1,4	30	1
Sonstige	0	1,4	30	5

Fahrzeuge:	275
Anteil 4 Sitzplätze:	0%
Anteil 8 Sitzplätze:	100.0%
Tabelle:	2012_1
Comparator:	max. Effizienz
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite:	2000 Kilometer
Pausendauer:	0 Minuten

Szenario: Z 9.3 2012: Ergebnisse Betrachtung nur Schülerverkehr 8-Sitzer (2012)

Szenario	Z 9.2 2012		
Nachfrageliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	10.663	10.677	10.677
Fahrtanfragen bedient [-]	10.663	10.677	10.677
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	0	0
daraus erreichter Modal Split	8,44%	8,45%	8,45%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,00%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	69.024	68.933	68.456
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	52.754	53.128	52.508
abrechenbare Personenkilometer [km]	149.708	149.659	149.857
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	16.270	15.806	15.949
Anteil Leerkilometer	23,57%	22,93%	23,30%
Anteil abrechenbare Kilometer *	216,89%	217,11%	218,91%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	275	275	275
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	254	268	254
max. Anzahl mit Passagieren [-]	191	188	191
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	251	251	249
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	272	257	270
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	82	99	64
Maximalwert [km]	599	680	664
Mittelwert [km]	251	252	249
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	544	544	545
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	1:39	1:59	1:17
Maximalwert [hh:mm]	12:03	13:36	13:23
Mittelwert [hh:mm]	5:02	5:03	4:59
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	6	6	6
Maximalwert [Passagiere]	81	78	86
Mittelwert [Passagiere]	39	39	39
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	6,47	6,46	6,41
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	14,04	14,02	14,04

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

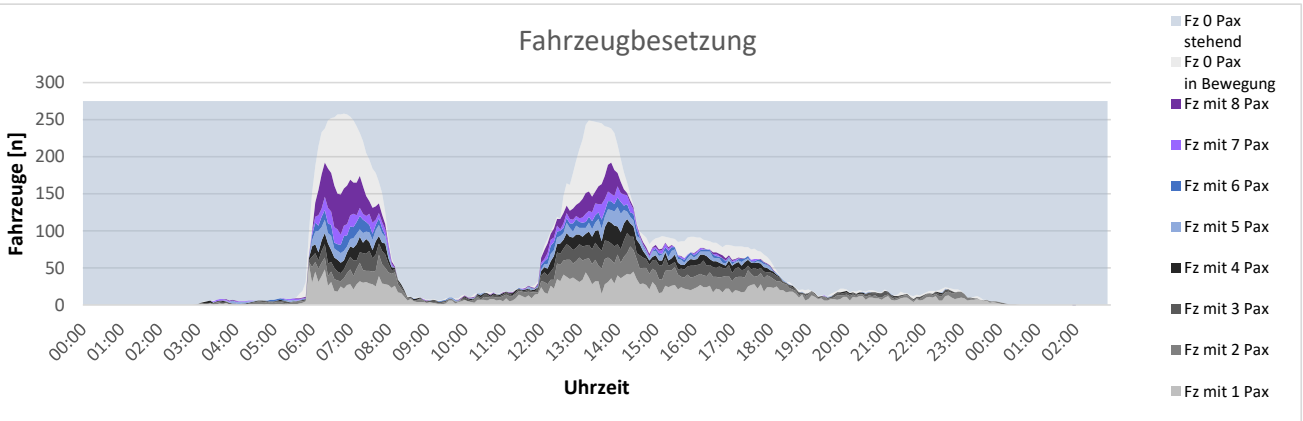
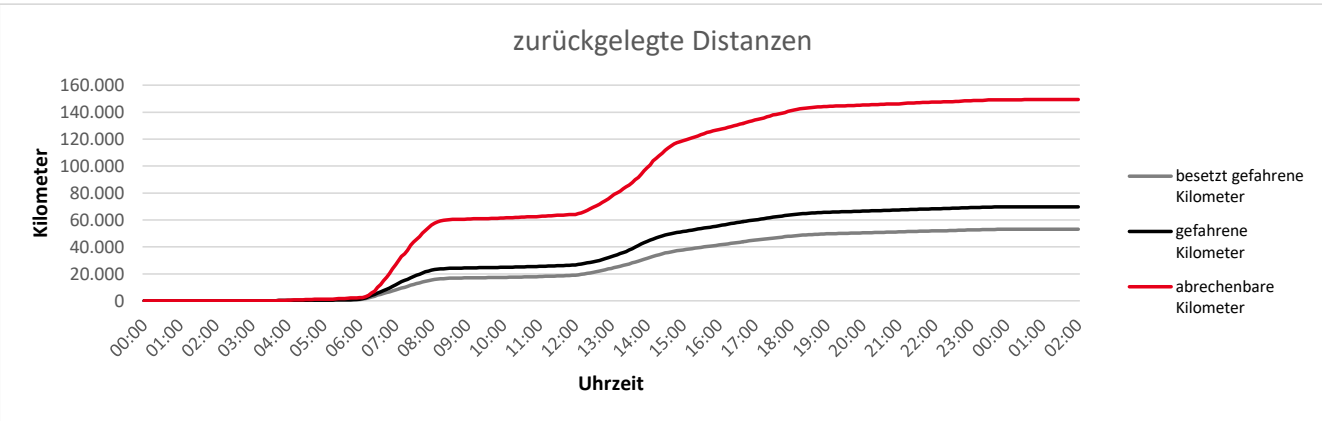
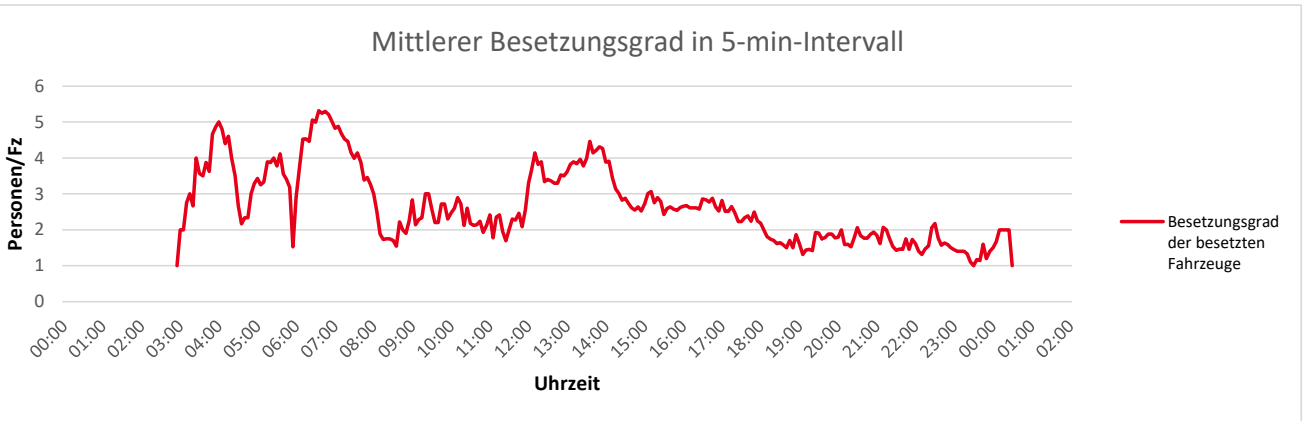
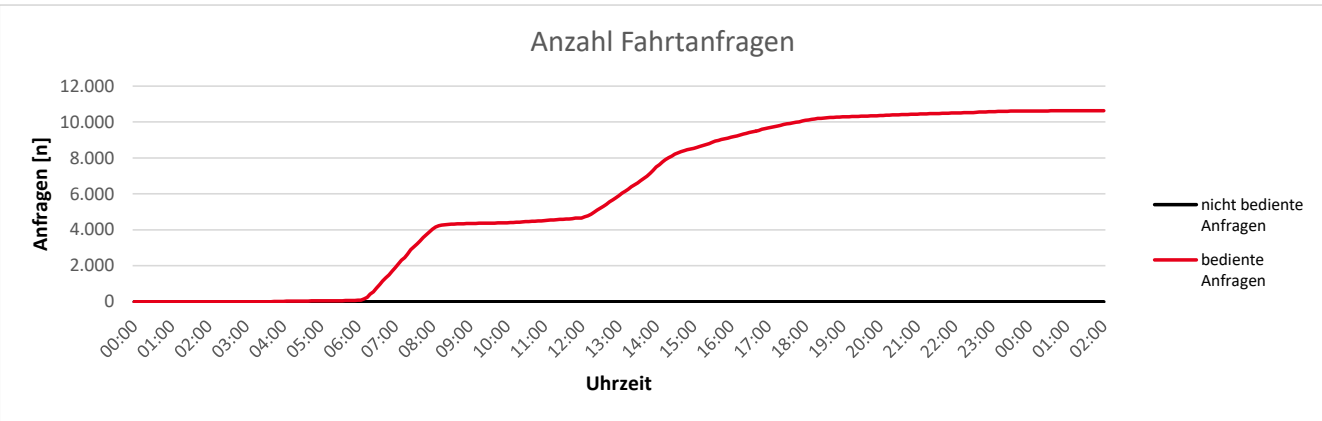
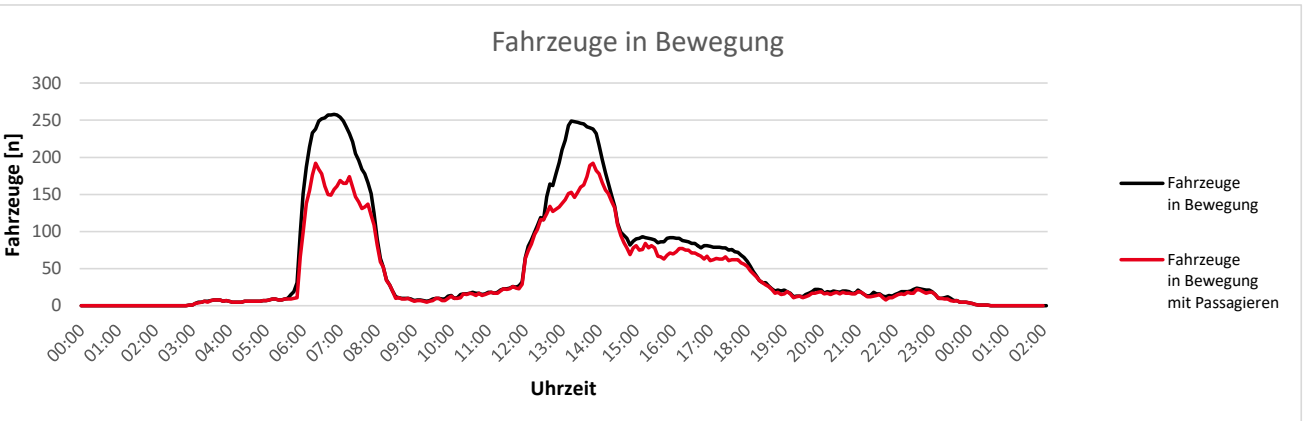
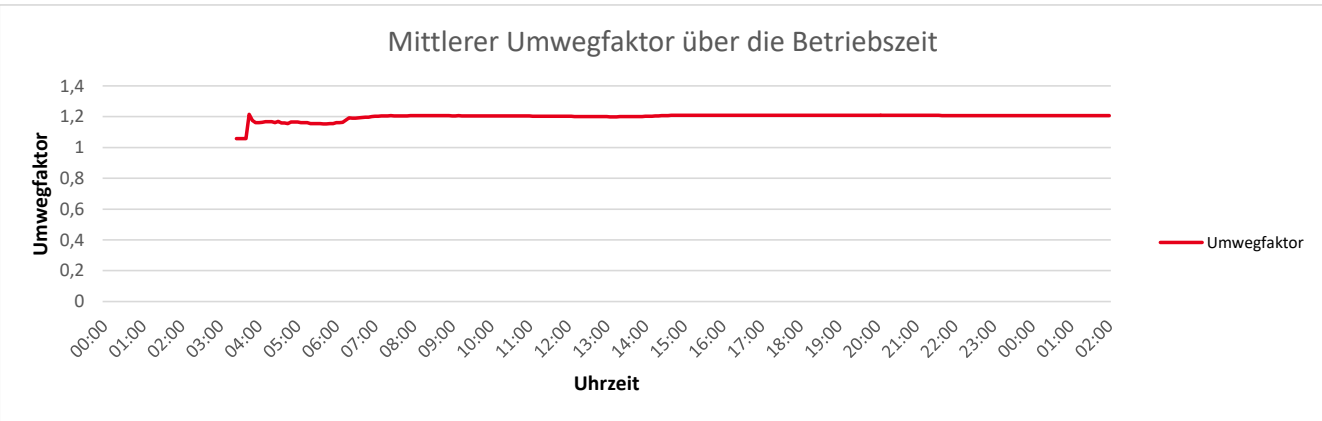
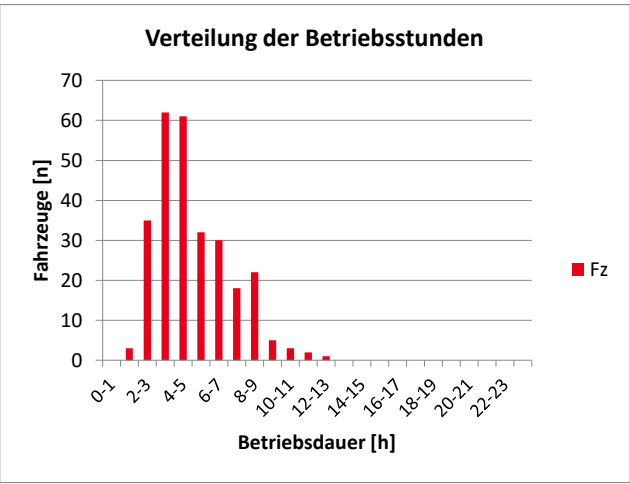
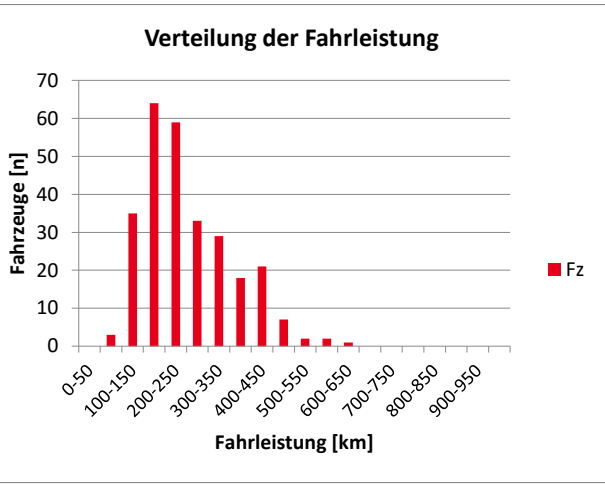
** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 6.9 Z 9.3: Betrachtung nur Schülerverkehr 8-Sitzer (2012)

Z 9.3_2012 nur Schülerverkehr 8-Sitzer

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,0840921			
Erwerbstätige	0	1,4	30	5
Schüler	75	1,4	30	5
Auszubildende	0	1,4	30	5
Rentner	0	1,4	30	1
Sonstige	0	1,4	30	5

Fahrzeuge: 275
Anteil 4 Sitzplätze: 0%
Anteil 8 Sitzplätze: 100.0%
Tabelle: 2012_1
Comparator: max. Effizienz
Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite: 2000 Kilometer
Pausendauer: 0 Minuten



**Szenario: Z 9.3 2030: Morphologischer Kasten Betrachtung nur Schülerverkehr
8-Sitzer (2030)**

Szenario	Vorbereitung		Grundszenario		Ergänzungsszenario	
Zeithorizont	2012			2030		
ÖV-Anteil	~ 12 %	~ 20 %	~ 35 %	~ 75 %		
Fahrzeuggröße	4 Passagiere			8 Passagiere		
Anzahl der Fahrzeuge	iterativ erhöht		auf Nachfrage angepasst		iterative Anpassungen	
Kombination Fahrzeuggrößen (4/8-Sitzer)	100 % 4-Sitzer	75 % / 25 %	50 % / 50 %	25 % / 75 %	100 % 8-Sitzer	
Dispositionsregel	hohe Effizienz			hoher Komfort		
Flexibilität der Abfahrtszeit	30 Minuten		10 Minuten		0 Minuten	
Voranmeldung	2 Stunden		30 Minuten		spontan (6 Minuten)	
Zulässiger Umwegfaktor	1,4		1,2		1,0	
Wochentag	Dienstag			Sonntag		
Batterieelektrischer Betrieb	Nein			Ja, berücksichtigt mit Reichweite und Ladedauer		
Betrachtete Wege	ohne Schülerverkehr		regulär		nur Schülerverkehr	

Szenario: Z 9.3 2030 (Nachfrageliste 1) Eingangsparameter

	Modal	max Umwegfa	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,07226386			
Erwerbstätige	0	1,4	30	5
Schüler	75	1,4	30	5
Auszubildende	0	1,4	30	5
Rentner	0	1,4	30	1
Sonstige	0	1,4	30	5
Fahrzeuge:	200			
Anteil 4 Sitzplätze:	0%			
Anteil 8 Sitzplätze:	100.0%			
Tabelle:	2030_1			
Comparator:	max. Effizienz			
Untersuchungsraum	Landkreis + relevante Städte außerhalb			
Reichweite:	2000 Kilometer			
Pausendauer:	0 Minuten			

Szenario: Z 9.3 2030. Ergebnisse Betrachtung nur Schülerverkehr 8-Sitzer (2030)

Szenario	Z 9.3 2030		
Nachfrageliste	1	2	3
Fahrtanfragen			
Anzahl Fahrtanfragen [-]	7.193	7.176	7.194
Fahrtanfragen bedient [-]	7.193	7.176	7.194
Fahrtanfragen nicht bedient [-]	0	0	0
daraus erreichter Modal Split	7,23%	7,21%	7,23%
Anteil nicht bedienter Fahrtanfragen	0,00%	0,00%	0,00%
Verkehrsleistung (gesamt)			
Fahrzeugkilometer (leer + besetzt) [km]	49.716	50.090	50.417
Fahrzeugkilometer (besetzt) [km]	37.905	38.368	38.551
abrechenbare Personenkilometer [km]	99.137	99.062	99.300
Fahrzeugkilometer (leer) [km]	11.811	11.721	11.867
Anteil Leerkilometer	23,76%	23,40%	23,54%
Anteil abrechenbare Kilometer *	199,40%	197,77%	196,95%
Fahrzeuge			
Eingesetzte Fahrzeuge [-]	200	200	200
max. Anzahl Fahrzeuge gleichzeitig in Bewegung [-]	186	191	191
max. Anzahl mit Passagieren [-]	141	139	134
durchschnittliche Fahrleistung über alle Fz [km]	249	250	252
durchschnittliche Fahrleistung über max. Fz Gleichzeitig [km]	267	262	264
Fahrleistung je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [km]	74	70	84
Maximalwert [km]	604	576	539
Mittelwert [km]	249	250	252
abrechenbare Strecke je Fahrzeug [km]	496	495	496
Betriebszeit je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [hh:mm]	1:29	1:24	1:41
Maximalwert [hh:mm]	12:05	11:33	10:50
Mittelwert [hh:mm]	4:59	5:01	5:03
Beförderte Passagiere je Fahrzeug und Tag			
Minimalwert [Passagiere]	10	8	5
Maximalwert [Passagiere]	84	74	73
Mittelwert [Passagiere]	36	36	36
Distanz je Fahrtanfrage			
gefahrte Distanz je Fahrtanfrage [km]	6,91	6,98	7,01
abrechenbare Distanz je Fahrtanfrage [km] **	13,78	13,80	13,80

* Summe der kürzesten Q-Z-Verbindungen aller beförderter Personen

** bedingt durch mehrere Personen in einem Fahrzeug

Anhang 6.9 Z 9.3: Betrachtung nur Schülerverkehr 8-Sitzer (2030)

Z 9.3_2030 nur Schülverkehr 8-Sitzer

	Modal	max Umwegf	Flexibilität	minimum Wegezeit PKW
ÖV-Anteil real	0,07226386			
Erwerbstätige	0	1,4	30	5
Schüler	75	1,4	30	5
Auszubildende	0	1,4	30	5
Rentner	0	1,4	30	1
Sonstige	0	1,4	30	5

Fahrzeuge: 200
Anteil 4 Sitzplätze: 0%
Anteil 8 Sitzplätze: 100.0%
Tabelle: 2030_1
Comparator: max. Effizienz
Untersuchungsraum: Landkreis + relevante Städte außerhalb
Reichweite: 2000 Kilometer
Pausendauer: 0 Minuten

